

The background of the entire page is a vibrant, abstract collage of geometric shapes and colors. It features various shades of blue, red, yellow, green, and pink, arranged in a way that suggests architectural forms and urban spaces. The shapes are layered and overlapping, creating a sense of depth and complexity. The overall style is reminiscent of mid-century modern art or a stylized, colorful cityscape.

INNOVACIÓN DOCENTE EN CIENCIAS, INGENIERÍA Y ARQUITECTURA: EXPLORANDO RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE

Comps.

María del Mar Molero Jurado, José Jesús Gázquez Linares,
África Martos Martínez, Pablo Molina Moreno, Silvia Fernández Gea

Dykinson, S.L.

Innovación Docente en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura: Explorando retos y oportunidades en la enseñanza y el aprendizaje

Comps.

María del Mar Molero Jurado

José Jesús Gázquez Linares

África Martos Martínez

Pablo Molina Moreno

Silvia Fernández Gea

© Los autores. NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos de los textos publicados en el libro “Innovación Docente en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura: Explorando retos y oportunidades en la enseñanza y el aprendizaje”, son responsabilidad exclusiva de los autores; así mismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado en otro lugar, así como los referentes a su investigación.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Editorial DYKINSON, S.L. Meléndez Valdés, 61 - 28015 Madrid
Teléfono (+34) 91 544 28 46 - (+34) 91 544 28 69
e-mail: info@dykinson.com
<http://www.dykinson.es>
<http://www.dykinson.com>
Consejo Editorial véase www.dykinson.com/quienessomos
Madrid, 2025

ISBN: 979-13-7006-887-5

DOI: 10.14679/4602

Preimpresión realizada por los autores

CAPÍTULO 1

ECOLOGÍAS DE APRENDIZAJE EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y EXPERIENCIAS APLICADAS

GASTÓN SANGIER CONTRERAS, CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ, JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA, YOLANDA BLANCO ARCHILLA, ANTONIO MADRID LÓPEZ, Y CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ 13

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ESCAPE ROOM COMO HERRAMIENTA DISRUPTIVA EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA QUÍMICA

ANA BELÉN LÓPEZ GARCÍA, CARLOS JAVIER COBO CEACERO, Y LUISA MOLINA SAMPEDRO 27

CAPÍTULO 3

DEL AULA A LA EVALUACIÓN INTELIGENTE: NUEVAS PERSPECTIVAS CON IA GENERATIVA

JOSÉ SANTIAGO TORRECILLA VELASCO 41

CAPÍTULO 4

DEL AULA A LA GENERACIÓN INTELIGENTE DE CONTENIDO DOCENTE MEDIANTE MODELOS GENERATIVOS

JOSÉ SANTIAGO TORRECILLA VELASCO 53

CAPÍTULO 5

IMPACT OF A HOMEMADE LABORATORY OF STRENGTH OF MATERIALS ON ACADEMIC PERFORMANCE AND MOTIVATION

ÁLVARO BRAZALES RUIZ, PETRI LUOSMA, & JAVIER FERNÁNDEZ ACEITUNO 67

CAPÍTULO 6

LABORATORIO REMOTO PARA ENSEÑAR FÍSICA-ÓPTICA DESDE UN AULA VIRTUAL

LUISA FERNANDA CABEZAS BURBANO 79

CAPÍTULO 7

HACIA UNA ECOLOGÍA DEL APRENDIZAJE INTEGRAL: CREATIVIDAD HUMANA EN LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ, GASTÓN SANGIER CONTRERAS, CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ, JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA, YOLANDA BLANCO ARCHILLA, Y ANTONIO MADRID LÓPEZ 93

CAPÍTULO 8

EVALUACIÓN CONTINUA Y APRENDIZAJE ACTIVO MEDIANTE PREGUNTAS CLOZE GENERADAS CON MATLAB EN UN MÁSTER DE INGENIERÍA

MARÍA ZULIMA FERNÁNDEZ MUÑOZ Y ANA CERNEA CORBEANU 109

CAPÍTULO 9

LA GAMIFICACIÓN AL AIRE LIBRE COMO MEDIO PARA REFORZAR Y EVALUAR EL APRENDIZAJE

DUNIA ESTHER SANTIAGO GARCÍA, NOEMÍ MELIÁN MARTEL, Y BEATRIZ DEL RÍO GAMERO 125

CAPÍTULO 10

LA INDAGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN SUPERIOR Y SECUNDARIA ¿ESTÁ SIENDO UNA IMPLEMENTACIÓN EFECTIVA?

CRISTÓBAL LÓPEZ SÁNCHEZ, MARÍA DEL MAR MEGÍAS TORRES, HUGO ANTONIO MARTÍNEZ CAÑESTRO, E ISABEL DAMIANA ALONSO LÓPEZ 135

CAPÍTULO 11

AULA INVERTIDA EN INGENIERÍA: EJERCICIOS INTERACTIVOS PARA UN APRENDIZAJE DINÁMICO DEL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

FERNANDO SUÁREZ GUERRA, JAVIER FERNÁNDEZ ACEITUNO, Y JESÚS DONAIRE ÁVILA 147

CAPÍTULO 12

METODOLOGÍA DOCENTE PARA LA APLICACIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN EN EL ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURAS DE INGENIERÍA CIVIL

JESÚS DONAIRE ÁVILA, AGUSTÍN CASTILLO MARTÍNEZ, CARLOS ENRÍQUEZ TURÍÑO, Y FERNANDO SUÁREZ GUERRA 161

CAPÍTULO 13

INCORPORACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS LABORALES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS E INGENIERAS INDUSTRIALES: APORTANDO DESDE LA UNIVERSIDAD AL LOGRO DEL ODS 8

MARJORIE MORALES CASSETTI Y MARCO TULIO BUSTOS GUTIÉRREZ 175

CAPÍTULO 14

FORMAR INGENIEROS PARA LA INCLUSIÓN: EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN DISEÑO DE OBJETOS PARA MUSEOS ACCESIBLES

MARINA CASTILLA ORTEGA 187

CAPÍTULO 15

COLLABORATIVE & SOCIAL INNOVATION PRACTICES FOR COMPETENCE DEVELOPMENT AND COMMUNITY TRANSFORMATION: 2 CASE STUDIES FOR SERVICE-LEARNING IN ENGINEERING

ÒSCAR O. SANTOS-SOPENA 199

CAPÍTULO 16

CONGRESO DE TRABAJOS COLABORATIVOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL: 12 AÑOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

DIEGO CAMPOS JUANATEY, JOSÉ ANTONIO ALONSO RODRÍGUEZ, Y MARTA ABRUÑEDO SALABERRI..... 211

CAPÍTULO 17

DOCENCIA TRANSFORMADORA EN TERRITORIOS VULNERABLES DESDE LA INNOVACIÓN EDUCATIVA BASADA EN RESULTADOS, FORESIGHT Y LEAN STARTUP

FABIOLA COLMENERO FONSECA, DANIEL RUIZ LÓPEZ, RAMIRO RODRÍGUEZ PÉREZ, Y JUAN FRANCISCO PALOMINO BERNAL..... 219

CAPÍTULO 18

EVALUATING THE PERFORMANCE OF CHATGPT-01 IN CHEMISTRY EDUCATION: A COMPARATIVE ANALYSIS WITH CHATGPT-4 ON UNIVERSITY ENTRANCE EXAMS

ALBERTO FERNÁNDEZ LÓPEZ, MARGARITA LÓPEZ TORRES, JOSÉ MANUEL VILA ABAD, ANA ISABEL ARES PERNAS, & JUAN MANUEL ORTIGUEIRA AMOR..... 239

CAPÍTULO 19

DESIGN AND VALIDATION OF A CONTEXTUAL COMFORT INDEX FOR ARCHITECTURE STUDIO-BASED COURSES

CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ, GASTÓN SANGLIER CONTRERAS, CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ, JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA, ANTONIO MADRID LÓPEZ, Y YOLANDA BLANCO ARCHILLA..... 251

CAPÍTULO 20

*LA EMPRESA COMO ACTOR CLAVE EN LOS TRABAJOS FIN DE ESTUDIOS
UNIVERSITARIOS*

JUAN MANUEL GONZÁLEZ-CABALLÍN SÁNCHEZ, GUILLERMO LAINE CUERVO, Y
ANTONIO JOSÉ GUTIÉRREZ TRASHORRAS 261

CAPÍTULO 21

*APRENDER EXPLICANDO: INNOVACIÓN DOCENTE MEDIANTE
PRODUCCIÓN AUDIOVISUAL EN MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LAS
TELECOMUNICACIONES*

DIEGO GARCÍA-ZAMORA Y NURIA CASTILLO-GONZÁLEZ 273

CAPÍTULO 22

*TALLERES DE BOTÁNICA EN EXPOCIENCIA: APRENDER ENSEÑANDO,
ENSEÑAR APRENDIENDO*

ANA BELÉN FERNÁNDEZ SALEGUI, ANA MARÍA VEGA MARAY, ALBERTO
RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, CARMEN ACEDO, PAULA ARIELY LOAYZA ROLO, RUBÉN
PÉREZ GONZÁLEZ, CLARA RUBIO REINARES, ANA PAULA MELERO, CELSO JOSÉ
DÍEZ MELLADO, Y ESTRELLA ALFARO-SÁIZ..... 285

CAPÍTULO 23

*PERCEPCIONES DE FUTUROS MAESTROS SOBRE UNA EXPERIENCIA
CON ROBÓTICA PARA TRABAJAR EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL
EN MATEMÁTICAS*

JAIME GARCÍA MONTALBÁN Y BELÉN GARCÍA MANRUBIA 297

CAPÍTULO 24

*MEJORA DEL APRENDIZAJE PRÁCTICO EN ELECTRÓNICA DE ALTA
FRECUENCIA MEDIANTE EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE
DIFERENTES FILTROS DE MICROONDAS*

HÉCTOR GARCÍA MARTÍNEZ..... 309

CAPÍTULO 25

*SCRUM, ABP E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN SUPERIOR:
UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA POTENCIAR EL STUDENT
ENGAGEMENT*

YOLANDA BLANCO ARCHILLA, GASTÓN SANGLIER CONTRERAS, Y CÉSAR VICENTE
MOLINA DOMÍNGUEZ 321

CAPÍTULO 26

LAS TIC COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA EN EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN CURSOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

GONZALO CASTIÑEIRA VEIGA, DÉBORA CORES CARRERA, MARÍA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, Y RODRIGO MARIÑO VILLAR 335

CAPÍTULO 27

DEL SIMULADOR AL PROTOTIPO: UNA EXPERIENCIA ABP INTERDISCIPLINAR EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

ENRIQUE ALCALÁ GUERRERO, CRISTINA GARCÍA MUÑOZ, JUAN CARLOS HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, E IRENE GARCÍA DOMÍNGUEZ 345

CAPÍTULO 28

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR IMAGES IN THE FIELD OF GRAPHIC EXPRESSION IN ENGINEERING

FERNANDO LOZANO RIVAS 361

CAPÍTULO 29

CONFIGURANDO ECOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE EN LA ERA DIGITAL: EL METAVERSO COMO CATALIZADOR PEDAGÓGICO EN ENSEÑANZAS TÉCNICAS

JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA, GASTÓN SANGLIER CONTRERAS, CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ, CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ, YOLANDA BLANCO ARCHILLA, Y ANTONIO MADRID LÓPEZ 371

CAPÍTULO 30

HARRY POTTER Y LAS NARRATIVAS DE FANTASÍA COMO RECURSO DE INNOVACIÓN DOCENTE PARA EXPLICAR LA EVASIÓN DE LA RESPUESTA INMUNITARIA FRENTE A PATÓGENOS

ELIZABETH VALDIVIESO BLANCO, CAROLINA HURTADO MARCOS, LUCIANNA VACCARO MUÑOZ, MARÍA DOLORES OLLERO BACEIREDO, Y FERNANDO IZQUIERDO ARIAS 387

CAPÍTULO 31

IMPLEMENTACIÓN DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL AULA DE INGENIERÍA QUÍMICA

SERGIO NAVARRO SÁNCHEZ, PABLO FERNÁNDEZ MOLINA, VANESA LAX VIVANCOS, MARÍA DEL CARMEN AGÜERA BOLEA, FELIPE JESÚS PORTILLO CASTAÑO, LEONOR ALBEROLA AMORES, Y ELOINA VALERO MERLOS 397

CAPÍTULO 32

LA INTERNACIONALIZACIÓN CURRICULAR EN LA INGENIERÍA ESPAÑOLA: UN ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE LA DOCENCIA EN INGLÉS EN MÁSTERES UNIVERSITARIOS

MARÍA DE LOS ÁNGELES HERRERA GARRIDO, SARA JIMÉNEZ ALFARO, MARÍA TERESA ARANDA ROMERO, Y JUAN ANTONIO CABRERA GONZÁLEZ..... 407

CAPÍTULO 33

ESTRATEGIAS PARA CENTRAR LA ATENCIÓN EN EL LABORATORIO DE BOTÁNICA: GUÍA ICONOGRÁFICA 'IN SITU'

CARMEN ACEDO, ALBERTO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, RUBÉN PÉREZ GONZÁLEZ, ANA MARÍA VEGA MARAY, ESTRELLA ALFARO-SÁIZ, CLARA RUBIO REINARES, ANA PAULA MELERO, CELSO JOSÉ DIEZ MELLADO, PAULA ARIELY LOAYZA ROLO, Y ANA BELÉN FERNÁNDEZ SALEGUI 417

CAPÍTULO 34

EL PRESENTE Y EL FUTURO DE LA IA EN LA ENSEÑANZA DE ASIGNATURAS CON CONTENIDO MATEMÁTICO

PEDRO GONZÁLEZ RODELAS Y ENRIQUE MANUEL MORENO PÉREZ 429

CAPÍTULO 35

EL EMPRENDIMIENTO CÓMO FACTOR DINAMIZADOR DE UNA EDUCACIÓN SUPERIOR PARA EL FUTURO

PILAR MIGUEL-SIN MONGE, GEMA RAMÍREZ PACHECO, SALVADOR DOMÍNGUEZ GIL, MARTA ESCOBEDO FERNÁNDEZ, JAIME ARMENGOT PARADINAS, PABLO VILLAREJO FERNÁNDEZ, Y MARÍA DE LOS ÁNGELES BENITO PRADILLO 443

CAPÍTULO 36

PERCEPCIÓN ESTUDIANTIL: METODOLOGÍAS TRADICIONALES VS. WOOC LAP EN QUÍMICA ANALÍTICA

ANA LOBO PRIETO, NOELIA TENA PAJUELO, Y MARÍA TERESA MORALES MILLÁN..... 455

CAPÍTULO 37

TRANSFERENCIA, MEJORA DOCENTE Y EMPLEABILIDAD: EL VALOR DE LA COLABORACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA

JUAN ANTONIO CABRERA GONZÁLEZ, MARÍA TERESA ARANDA ROMERO, SARA JIMÉNEZ ALFARO, Y MARÍA DE LOS ÁNGELES HERRERA GARRIDO..... 469

CAPÍTULO 38

APRENDER, ENSEÑAR Y COMPARTIR A TRAVÉS DE YOUTUBE

CELSO JOSÉ DIEZ MELLADO, PAULA ARIELY LOAYZA ROLO, ALBERTO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, CARMEN ACEDO, ANA MARÍA VEGA MARAY, ANA PAULA MELERO, CLARA RUBIO REINARES, ESTRELLA ALFARO-SAIZ, RUBÉN PÉREZ GONZÁLEZ, Y ANA BELÉN FERNÁNDEZ SALEGUI.....	483

CAPÍTULO 1

ECOLOGÍAS DE APRENDIZAJE EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y EXPERIENCIAS APLICADAS

GASTÓN SANGLIER CONTRERAS, CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ,
JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA, YOLANDA BLANCO ARCHILLA,
ANTONIO MADRID LÓPEZ, Y CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ
Universidad CEU-San Pablo

INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Contexto y estado de la cuestión

La enseñanza de la física en la educación superior representa un reto persistente tanto para el profesorado como para el estudiantado. A pesar de su relevancia en múltiples disciplinas científicas y tecnológicas, los niveles de comprensión conceptual, motivación y aplicación práctica entre los estudiantes suelen ser limitados (Redish, 2003; Duit y Treagust, 2012a). Este fenómeno se acentúa en contextos de enseñanza remota o híbrida, donde las estrategias pedagógicas tradicionales tienden a perder eficacia (Bautista et al., 2021a).

En este escenario, surge la necesidad de repensar los entornos formativos desde marcos que reconozcan la complejidad y diversidad del aprendizaje en el siglo XXI. Las ecologías de aprendizaje (Barron, 2006) ofrecen un enfoque integrador que considera no solo los espacios formales, sino también los recursos digitales, sociales y experienciales que configuran las trayectorias de aprendizaje de los estudiantes. Este marco se articula con corrientes como el conectivismo (Siemens, 2005) y el aprendizaje expandido (Adell y Castañeda, 2012a), aportando una visión más holística y distribuida del proceso educativo.

Desde esta perspectiva, se plantea una propuesta de innovación educativa centrada en el diseño de entornos formativos híbridos y multimodales para la enseñanza de la física, con énfasis en el uso intencional de tecnologías, metodologías activas y espacios de colaboración.

Diagrama conceptual de la ecología de aprendizaje

Para facilitar la comprensión del enfoque teórico que sustenta este proyecto, se presenta un diagrama conceptual que representa la ecología de aprendizaje en el contexto de la enseñanza de la física en educación superior.

Descripción del diagrama

El diagrama visualiza la ecología de aprendizaje como un sistema dinámico e interconectado de espacios, recursos y actores que configuran la experiencia formativa del estudiante. Está estructurado en tres niveles principales:

Espacios de aprendizaje

- Espacios formales: aula presencial, laboratorio físico, sesiones síncronas.
- Espacios informales: comunidades virtuales, foros de discusión, redes sociales académicas.
- Espacios digitales: plataformas LMS, simuladores interactivos, laboratorios remotos, recursos multimedia.

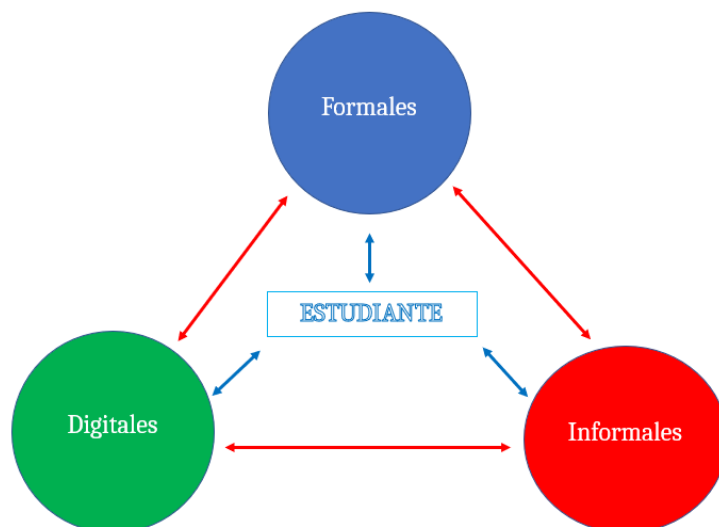
Recursos

- Tecnológicos: software (PhET, Labster), herramientas colaborativas (Padlet, Jamboard).
- Humanos: profesores, tutores, compañeros.
- Materiales: guías didácticas, materiales audiovisuales, textos y artículos.

Procesos y relaciones

- Interacciones entre estudiantes y profesores (orientación, feedback).
- Colaboración entre pares en actividades grupales.
- Acceso y navegación autónoma por recursos digitales.
- Reflexión y evaluación formativa a través de diarios, portafolios y coevaluación.

Figura 1. Procesos e interacciones entre estudiantes y entornos



Este esquema permite comprender que el aprendizaje no es un proceso lineal ni aislado, sino una red compleja en la que el estudiante integra diversas fuentes, modalidades y actores. El diseño del entorno híbrido multimodal propuesto se basa en esta visión integradora, que potencia la autonomía, la colaboración y la accesibilidad al conocimiento desde múltiples vías.

Ampliación del marco teórico: ecologías de aprendizaje en la era postdigital

La noción de ecologías de aprendizaje ha adquirido un creciente protagonismo en el campo de la innovación educativa, especialmente en contextos universitarios donde convergen diversas formas de enseñar, aprender y evaluar. Desde su formulación inicial por Barron (2006), este enfoque ha evolucionado para incluir dimensiones tecnológicas, sociales y culturales que configuran las trayectorias de aprendizaje del estudiantado de forma distribuida y no lineal.

En términos generales, una ecología de aprendizaje se entiende como un conjunto de contextos —formales, informales y no formales— interconectados, que proveen oportunidades para aprender, y que son activados por los estudiantes según sus intereses, necesidades y competencias (Brown, Collins y Duguid, 1989; Pata, 2021). Este modelo se aleja de la visión centrada exclusivamente en el aula o en el docente, proponiendo en cambio una red dinámica de relaciones, recursos, personas y experiencias que se articulan dentro y fuera del entorno institucional.

De los modelos tradicionales a los modelos ecológicos

Los enfoques pedagógicos tradicionales, de raíz instructivista, han privilegiado durante décadas una concepción de la enseñanza como transmisión unidireccional del conocimiento, estructurada por asignaturas cerradas, jerarquías rígidas y evaluaciones sumativas estandarizadas (Díaz-Barriga, 2015). En este paradigma, el aprendizaje se produce principalmente en el aula, bajo el control del docente, y con recursos previamente definidos.

En cambio, las ecologías de aprendizaje reconocen que el conocimiento es múltiple, contextual y emergente. Las y los estudiantes ya no son receptores pasivos, sino nodos activos en una red de experiencias conectadas, que van desde el laboratorio hasta el aprendizaje informal en redes sociales o plataformas digitales. Este cambio de enfoque implica asumir que la educación no se limita al espacio-tiempo institucional, sino que se expande hacia una cultura del aprendizaje ubicuo (Cope y Kalantzis, 2017).

En este contexto, la idea de “aprendizaje expandido” (Adell y Castañeda, 2012b) resulta complementaria al enfoque ecológico, al destacar cómo los aprendizajes relevantes ocurren más allá del currículo oficial, en espacios como YouTube, comunidades en línea, makerspaces o laboratorios virtuales, y cómo estos pueden

integrarse en las estrategias docentes si se reconocen sus potencialidades pedagógicas.

Aportes recientes y tendencias emergentes

En los últimos años, diferentes investigaciones han profundizado en las implicaciones de las ecologías de aprendizaje en la educación superior, especialmente tras la pandemia de COVID-19, que aceleró la adopción de modelos híbridos. Según Sangrà y Wheeler (2021), las universidades deben transitar hacia entornos de aprendizaje más flexibles, personalizados y multimodales, en los que los estudiantes puedan “diseñar” sus propios recorridos formativos dentro de un ecosistema digital.

Autores como Fawns (2022) han introducido el concepto de educación postdigital, en el cual la separación entre lo digital y lo presencial deja de ser relevante, y donde el aprendizaje se da en una ecología compleja de elementos técnicos, humanos y contextuales. En este sentido, la clave no está en la herramienta tecnológica en sí, sino en cómo se configura el entorno relacional y significativo en el que se aprende.

Otro enfoque relevante es el de la enseñanza multimodal (Bezemer y Kress, 2016), que considera que el aprendizaje se produce a través de múltiples modos de representación: lenguaje, imagen, movimiento, sonido, etc. Esto conecta con el diseño de entornos de aprendizaje que integran textos, simulaciones, videos interactivos y actividades colaborativas para abordar los contenidos desde diversas perspectivas. Esta riqueza modal resulta especialmente valiosa en disciplinas como la física, donde la abstracción conceptual puede beneficiarse de representaciones visuales y manipulativas.

Asimismo, estudios de Dron y Anderson (2014) sobre el aprendizaje en redes y entornos abiertos refuerzan la idea de que los estudiantes configuran sus ecologías personales de aprendizaje (PLEs), combinando fuentes institucionales, redes de pares, recursos abiertos (OER) y comunidades digitales.

Hacia un diseño ecológico del aprendizaje

Desde esta perspectiva, el papel del profesorado cambia radicalmente: ya no es únicamente quien “enseña”, sino quien diseña ecologías de aprendizaje (Goodyear y Carvalho, 2014), creando condiciones para que los estudiantes desarrollen trayectorias personalizadas, autónomas y colaborativas. Este diseño incluye la selección de recursos, la creación de tareas abiertas, la activación de redes de apoyo, y la evaluación formativa como herramienta de mejora continua.

Particularidades de la enseñanza de la física en educación superior

La enseñanza de la física en contextos universitarios presenta una serie de desafíos didácticos particulares que requieren enfoques pedagógicos innovadores. A diferencia de otras disciplinas, la física exige una fuerte abstracción conceptual, un dominio del lenguaje simbólico-matemático, y la capacidad de aplicar modelos teóricos a situaciones reales o idealizadas (Redish, 2003; McDermott y Redish, 1999). Estas características generan una barrera cognitiva significativa, especialmente en estudiantes que no provienen de formaciones científicas sólidas.

Uno de los principales obstáculos es la matematización del contenido, es decir, la tendencia a presentar los fenómenos físicos mediante ecuaciones antes de haber construido una comprensión cualitativa de los mismos. Según Hestenes (1992), esto provoca que los estudiantes resuelvan problemas mediante procedimientos algorítmicos sin comprender realmente los conceptos subyacentes. Por ejemplo, pueden aplicar correctamente la ecuación $v=v_0+at$ en cinemática, pero sin entender el significado físico de la aceleración o de los sistemas de referencia.

Otro punto crítico es la dificultad para transferir conocimientos entre contextos. Diversos estudios han mostrado que el estudiantado, aun después de cursar asignaturas introductorias, tiene dificultades persistentes para aplicar principios básicos como la ley de conservación de la energía o el principio de superposición en situaciones nuevas (Mazur, 1997; Singh, 2008). Esto se debe, en parte, a un enfoque didáctico centrado en la resolución mecánica de problemas, en lugar de en la construcción de modelos mentales sólidos.

En áreas como el electromagnetismo, las dificultades se intensifican debido a la naturaleza invisible y altamente abstracta de los fenómenos implicados. Investigaciones como las de Maloney et al., (2001) documentan que muchos estudiantes mantienen ideas erróneas incluso después de instrucción formal, como concebir los campos eléctricos como fuerzas tangibles o confundir corriente con voltaje.

Frente a estos desafíos, las ecologías de aprendizaje se presentan como una oportunidad para diversificar los canales de representación, integrar simuladores visuales, favorecer el aprendizaje colaborativo y facilitar la reflexión metacognitiva. En lugar de depender exclusivamente de la explicación expositiva y la resolución individual de ejercicios, se promueve una experiencia más rica, interconectada y significativa, que puede mejorar tanto la comprensión conceptual como la motivación (Duit y Treagust, 2012b).

Descripción del proyecto

La propuesta consiste en el diseño y planificación de un entorno de aprendizaje ecológico para estudiantes universitarios de asignaturas de física general. Se prevé la integración de actividades presenciales, virtuales y asincrónicas, combinando el uso de simuladores interactivos, laboratorios remotos, plataformas colaborativas (mapas conceptuales en línea) y estrategias de evaluación formativa.

El profesorado actúa como diseñador de ecologías de aprendizaje, configurando experiencias que favorezcan la participación activa, la autonomía y la reflexión crítica. Se busca que los estudiantes transiten de una postura receptiva a una actitud constructiva, articulando diversos recursos y contextos para generar conocimiento significativo.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Diseñar un entorno formativo híbrido y multimodal basado en ecologías de aprendizaje, orientado a mejorar la comprensión conceptual, la participación y el desarrollo de competencias transversales en estudiantes de física.

Objetivos específicos

- Fundamentar teóricamente el enfoque ecológico aplicado a la enseñanza de la física.
- Diseñar actividades y materiales didácticos que articulen espacios y recursos diversos.
- Promover estrategias de evaluación formativa y autorregulada dentro del entorno propuesto.
- Analizar la viabilidad de implementación del proyecto en contextos reales de docencia universitaria.
- Establecer indicadores para evaluar el impacto del enfoque en el aprendizaje y la motivación estudiantil.

METODOLOGÍA

Diseño del entorno y enfoque metodológico

El proyecto se fundamenta en un diseño instruccional ecológico e híbrido, que integra actividades en distintos espacios y formatos de aprendizaje: aula presencial, laboratorio remoto, comunidad virtual y trabajo autónomo guiado. Esta configuración responde a la noción de ecología de aprendizaje como “un sistema de recursos y relaciones que los estudiantes configuran para aprender en un entorno determinado” (Barron, 2006).

Desde el punto de vista metodológico, se articula un enfoque activo y multimodal, apoyado en estrategias de aprendizaje colaborativo, resolución de problemas, aprendizaje basado en simulación y autorregulación. Este enfoque se vincula con principios del conectivismo (Siemens, 2005) y del aprendizaje significativo y expandido (Adell y Castañeda, 2012b), que resaltan la importancia del acceso distribuido a recursos, la agencia del estudiante y la creación de conocimiento a través de múltiples canales.

El rol docente como diseñador de ecologías de aprendizaje

En el marco de un enfoque ecológico, el rol del profesorado trasciende las funciones tradicionales de transmisión de conocimientos y evaluación, para asumir un papel más complejo y estratégico como diseñador de entornos de aprendizaje. Según Goodyear y Carvalho (2014), esta función implica crear las condiciones para que el aprendizaje tenga lugar: seleccionar recursos, estructurar tareas, activar interacciones y fomentar la reflexión en una red diversa de espacios, medios y actores.

Este cambio de perspectiva está relacionado con el concepto de agencia docente, entendido como la capacidad del profesorado para tomar decisiones pedagógicas informadas, adaptarse a contextos cambiantes y construir propuestas que respondan a las necesidades del estudiantado (Priestley, Biesta y Robinson, 2015). En entornos híbridos y distribuidos, donde el aprendizaje ocurre de forma asincrónica y multimodal, esta agencia resulta clave para orquestar experiencias que mantengan la coherencia pedagógica, incluso cuando los recursos o espacios no son homogéneos.

El profesorado actúa, así, como un mediador cognitivo y cultural, capaz de traducir contenidos disciplinares complejos —como los propios de la física— en experiencias significativas y accesibles. Esta mediación no se limita a la explicación de conceptos, sino que abarca el diseño de tareas abiertas, la formulación de preguntas desafiantes, la integración de tecnologías interactivas, y la creación de espacios de diálogo y coevaluación.

En este sentido, el diseño ecológico no se reduce a incorporar más herramientas digitales, sino a articular intencionadamente recursos, relaciones y objetivos para que los estudiantes se involucren activamente en su propio proceso de aprendizaje. Esta mirada reconoce al profesorado como un actor clave en la construcción de culturas educativas más inclusivas, reflexivas y sostenibles.

Actividades programadas

Las actividades están organizadas en tres bloques complementarios:

- Exploración conceptual: Uso de simuladores interactivos para visualizar fenómenos físicos (p. ej., PhET). Lecturas guiadas con foros de reflexión crítica en plataforma LMS.

- Aplicación práctica: Resolución de problemas en equipos usando entornos virtuales colaborativos (como pizarras compartidas o mapas conceptuales en línea).
- Laboratorio remoto: Experiencias de medición y análisis con acceso a equipos vía web. Análisis de resultados en sesiones sincrónicas.
- Evaluación formativa y autorregulada: Instrumentos como rúbricas, portafolios digitales, diarios de aprendizaje y coevaluación.

Ejemplos prácticos de actividades y experiencia simulada

Para ilustrar el funcionamiento del entorno híbrido ecológico propuesto, se presentan a continuación ejemplos concretos de actividades diseñadas bajo este enfoque, aplicadas de forma hipotética en una asignatura de Física General para estudiantes de primer curso de ingeniería. Estas actividades combinan recursos digitales, colaboración asincrónica y presencial, y evaluación formativa, alineadas con los principios de autonomía, accesibilidad y reflexión crítica.

a) Exploración conceptual con simuladores (Semana 3)

Actividad: El alumnado accede individualmente al simulador PhET “Movimiento en 2D”. Deben explorar libremente durante 15 minutos y luego completar una guía de exploración que incluye preguntas abiertas sobre el comportamiento del proyectil al modificar variables.

Complemento: Participan en un foro en Moodle donde deben subir una captura del experimento y comentar al menos una publicación de un/a compañero/a.

Competencias trabajadas: Pensamiento crítico, comprensión conceptual, competencia digital.

b) Mapa colaborativo de conceptos (Semana 4)

Actividad: En grupos de 4, utilizan Mindomo o CmapTools para construir un mapa conceptual sobre leyes del movimiento de Newton, a partir de una lectura asignada y una clase sincrónica.

Complemento: Deben justificar oralmente en una presentación breve (5 minutos) cómo organizaron los conceptos y qué relaciones identificaron.

Competencias trabajadas: Trabajo colaborativo, comunicación oral, organización conceptual.

c) Laboratorio remoto con análisis asincrónico (Semana 10)

Actividad: Los equipos acceden a un laboratorio remoto de dinámica (p. ej., medición de aceleración en un plano inclinado). Recogen datos y los interpretan utilizando una hoja de cálculo compartida en Google Drive.

Complemento: Cada grupo entrega un breve video explicativo (3–5 minutos) donde presentan el procedimiento y analizan los resultados, usando herramientas como Loom o Screencast-O-Matic.

Competencias trabajadas: Aplicación práctica de conocimientos, competencia digital, síntesis de información.

d) Portafolio de aprendizaje (Semanas 5 a 16)

Actividad continua: Cada estudiante construye un portafolio digital (en Google Sites o Padlet), donde documenta su proceso de aprendizaje: reflexiones semanales, resultados de actividades, evidencias visuales, etc.

Evaluación: El portafolio se revisa en tres momentos del curso (semanas 6, 11 y 15) mediante rúbricas formativas y retroalimentación entre pares.

Competencias trabajadas: Autorregulación, metacognición, síntesis y autonomía.

Tabla 1. Cronograma integrado de actividades, herramientas y competencias

Semana	Actividad	Herramientas	Competencias clave
1-2	Introducción y familiarización con entorno	<i>Moodle, Jamboard</i>	Autonomía, uso de TIC
3	Simulación "Movimiento en 2D"	<i>PhET, Moodle</i>	Comprensión conceptual, pensamiento crítico
4	Mapa conceptual colaborativo	<i>Mindomo, CmapTools</i>	Trabajo en equipo, comunicación
5-16	Portafolio digital (actividad transversal)	<i>Google Sites, Padlet</i>	Autorregulación, reflexión, síntesis
7-8	Resolución de problemas colaborativa	<i>Jamboard, Google Docs</i>	Aplicación práctica, colaboración
10	Laboratorio remoto + video explicativo	Laboratorio remoto, <i>Loom</i>	Competencia digital, análisis de datos
14-15	Presentación final del portafolio	<i>Google Meet, rúbricas</i>	Síntesis, comunicación, autoevaluación

Justificación metodológica

El enfoque elegido responde a la necesidad de diversificar las oportunidades de aprendizaje y de aumentar la participación significativa del estudiantado, atendiendo a su heterogeneidad en términos de estilos, ritmos y trayectorias. La combinación de entornos y formatos potencia la motivación intrínseca y permite que los estudiantes se apropien del proceso mediante decisiones conscientes sobre su aprendizaje (Brown et al., 2010).

Asimismo, el enfoque permite alinear las estrategias metodológicas con los objetivos del proyecto, favoreciendo la integración entre comprensión conceptual, competencias transversales (como trabajo colaborativo y autonomía) y alfabetización digital.

Recursos disponibles

El proyecto se plantea como viable en el marco de una asignatura de Física General en primer curso de grado universitario en ciencias o ingeniería, utilizando recursos ya disponibles en muchas instituciones:

- Plataforma LMS institucional (Moodle o similar).
- Simuladores abiertos (PhET, Labster).
- Herramientas colaborativas (Padlet, Google Jamboard, Mindomo).
- Laboratorio remoto, si la institución dispone de uno, o simulaciones avanzadas como sustituto.

Evaluación e indicadores

Se establecen los siguientes indicadores para evaluar el impacto del proyecto:

- Participación activa en las actividades (asistencia, intervenciones, entregas).
- Mejora en la comprensión conceptual, medida mediante pruebas diagnósticas y post-instrucción.
- Desarrollo de competencias transversales, valoradas a través de rúbricas específicas y autoevaluación.
- Satisfacción y percepción del aprendizaje, mediante encuestas abiertas al final del curso.

Organización y planificación

El proyecto está concebido para desarrollarse a lo largo de un semestre académico (14-16 semanas), integrándose dentro de la asignatura sin necesidad de sesiones adicionales. La planificación incluye:

- Semana 1-2: introducción del enfoque y herramientas.
- Semana 3-8: desarrollo progresivo de las actividades híbridas.
- Semana 9-13: laboratorio remoto, evaluación formativa, y ajustes.
- Semana 14-16: cierre reflexivo, presentación de portafolios y encuestas finales.

La coordinación del proyecto recae en el profesorado titular de la asignatura, con apoyo puntual del personal técnico en TIC (si aplica).

RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

El proyecto propuesto, aunque aún no implementado en un entorno real, plantea una serie de resultados esperados que pueden ser anticipados a partir de experiencias similares documentadas en la literatura y de la coherencia entre los objetivos, la metodología y los recursos propuestos.

Impacto esperado en el aprendizaje del estudiantado

Se espera que el diseño ecológico e híbrido del entorno formativo propicie mejoras significativas en los siguientes aspectos:

- Comprensión conceptual de los contenidos de física: al diversificar los formatos de exposición, práctica y reflexión, el estudiantado podrá acceder a los conceptos

desde múltiples representaciones y contextos, lo cual favorece una comprensión más profunda y significativa (Duit y Treagust, 2012b).

- Participación activa y compromiso: la incorporación de herramientas digitales interactivas y tareas colaborativas está orientada a fomentar la implicación continua de los estudiantes, tanto en modalidad sincrónica como asincrónica.

- Desarrollo de competencias transversales: el trabajo en entornos multimodales fomenta el desarrollo de habilidades como la autonomía, la autorregulación, el pensamiento crítico, la colaboración y la competencia digital (Adell y Castañeda, 2012a; Brown et al., 2010).

Evaluación del impacto

Una vez implementado, el proyecto se evaluará mediante la triangulación de diferentes fuentes e instrumentos:

- Pruebas conceptuales diagnósticas y finales, para medir avances en la comprensión disciplinar.

- Portafolios y rúbricas de competencias, elaborados durante el semestre para valorar el desarrollo personal y grupal.

- Encuestas de satisfacción y percepción del aprendizaje, diseñadas para recoger impresiones del estudiantado respecto a la utilidad, claridad y motivación generada por el enfoque propuesto.

- Observación sistemática y registros del profesorado, para identificar barreras, mejoras y aspectos emergentes durante la implementación.

Repercusión esperada

Se prevé que el enfoque pueda ser transferido a otras asignaturas de ciencias experimentales que presenten características similares en cuanto a abstracción conceptual, necesidad de trabajo experimental y diversidad de perfiles estudiantiles. Asimismo, se considera que su implementación favorecería una cultura de innovación docente sostenible, basada en la toma de decisiones pedagógicas informadas y la reflexión crítica sobre la práctica.

Implicaciones institucionales y escalabilidad del proyecto

La implementación efectiva de un enfoque basado en ecologías de aprendizaje no depende exclusivamente del diseño didáctico a nivel de aula, sino que requiere condiciones habilitantes a nivel institucional. Las universidades deben asumir un compromiso estructural con modelos de enseñanza-aprendizaje más flexibles, interconectados y centrados en el estudiante. Esto implica, por un lado, reconocer la diversidad de trayectorias, estilos y entornos de aprendizaje, y por otro, facilitar

recursos técnicos, pedagógicos y organizativos que permitan su integración coherente en la práctica docente.

Una de las primeras condiciones es la formación docente continua, orientada no solo al manejo técnico de plataformas o herramientas digitales, sino también al desarrollo de competencias en diseño instruccional ecológico, evaluación formativa y mediación pedagógica en entornos híbridos. Esta formación debe ir acompañada de espacios de co-diseño y reflexión docente, donde se compartan buenas prácticas, se experimenten prototipos y se construya una comunidad de innovación.

Además, se requiere una revisión crítica de los planes de estudio y normativas académicas, para permitir mayor flexibilidad curricular, integración de actividades transversales y reconocimiento formal de experiencias de aprendizaje más allá del aula tradicional. Aspectos como el portafolio digital, la coevaluación o el uso de simuladores remotos deben tener un respaldo institucional que garantice su viabilidad y legitimidad.

En términos de escalabilidad, el enfoque propuesto puede adaptarse progresivamente a otras asignaturas con componentes teóricos y experimentales, especialmente en el ámbito de las ciencias e ingeniería. Para ello, resulta clave una gestión institucional que favorezca la innovación pedagógica, mediante incentivos, acompañamiento técnico y evaluación sistemática de impacto. Solo así es posible avanzar hacia una transformación educativa sostenible, inclusiva y situada en el contexto del siglo XXI.

CONCLUSIONES

El presente proyecto propone un enfoque innovador para la enseñanza de la física basado en ecologías de aprendizaje, que integra espacios, recursos y metodologías heterogéneas para fomentar una experiencia educativa significativa, activa y colaborativa. La articulación de ambientes presenciales, virtuales y asincrónicos, junto con el uso intencional de tecnologías y estrategias formativas, apunta a superar las limitaciones tradicionales en la comprensión conceptual y la motivación estudiantil.

Se espera que este diseño híbrido y multimodal facilite no solo el aprendizaje profundo de los contenidos de física, sino también el desarrollo de competencias transversales fundamentales en el contexto académico y profesional actual, tales como la autonomía, la autorregulación y el trabajo colaborativo.

La propuesta está fundamentada en marcos teóricos robustos como el conectivismo y el aprendizaje expandido, lo que permite una comprensión integral del proceso educativo como una red dinámica y distribuida de experiencias y recursos. La evaluación planificada mediante indicadores variados y métodos triangulados contribuirá a la validación y mejora continua del proyecto.

Finalmente, el proyecto tiene potencial de ser replicado y adaptado en otras disciplinas científicas, promoviendo una cultura de innovación docente que responda a los desafíos contemporáneos en la educación superior y favorezca una formación más inclusiva y contextualizada.

5. Discusión crítica y perspectivas futuras

Aunque el modelo propuesto basado en ecologías de aprendizaje híbridas y multimodales presenta un alto potencial transformador, no está exento de limitaciones y desafíos. En primer lugar, su implementación exige un cambio profundo en la cultura docente y en las infraestructuras institucionales. No todos los centros disponen de laboratorios remotos funcionales, ni todo el profesorado está formado en diseño instruccional digital, lo que puede obstaculizar la sostenibilidad de estas propuestas a gran escala.

Además, el enfoque ecológico, al promover trayectorias personalizadas, requiere una mayor capacidad de autorregulación por parte del estudiantado. Sin apoyos adecuados, puede incrementarse la brecha entre quienes cuentan con habilidades digitales y autonomía desarrolladas, y quienes no. Por ello, es clave diseñar acompañamientos progresivos y equitativos en los primeros tramos de formación.

Como línea de investigación futura, resultará valioso llevar a cabo una implementación piloto de esta propuesta en una asignatura concreta de física general. Ello permitiría recoger evidencia empírica sobre los efectos del modelo en la comprensión conceptual, la motivación y el desarrollo de competencias transversales. Además, la triangulación de datos cualitativos y cuantitativos podría enriquecer la validación del diseño y contribuir a su mejora iterativa.

Por último, resulta oportuno reflexionar sobre el papel emergente de la inteligencia artificial generativa (IAg) como parte de las ecologías de aprendizaje. Herramientas como asistentes conversacionales, generadores de simulaciones o correctores automáticos pueden ofrecer nuevos niveles de personalización, accesibilidad y feedback. Sin embargo, su integración exige una mirada crítica sobre sus implicaciones éticas, formativas y evaluativas. El diseño de entornos formativos deberá considerar estas tecnologías como parte del ecosistema, no como sustitutos, sino como mediadores complementarios del aprendizaje significativo.

REFERENCIAS

- Adell, J. y Castañeda, L. (2012a). Aprendizaje expandido y nuevas ecologías de aprendizaje. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 15(2), 9-32.
- Adell, J. y Castañeda, L. (2012b). Tecnologías y escuelas: Lo que está cambiando. In J. Cabero y J. Barroso (Eds.) *Posibilidades pedagógicas de las TIC* (pp. 27-45). Sevilla: MAD S.L.
- Barron, B. (2006). Interest and self-sustained learning as catalysts of development: A learning ecology perspective. *Human Development*, 49(4), 193-224. <https://doi.org/10.1159/000094368>

- Bezemer, J. y Kress, G. (2016). *Multimodality, learning and communication: A social semiotic frame*. Routledge.
- Brown, A. L., Cope, B., Langret, L., y Adell, J. (2010). Self-regulated learning: Beliefs, techniques, and outcomes. *Handbook of Research on Learning and Instruction*, 2, 380-412.
- Brown, J. S., Collins, A., y Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Cope, B. y Kalantzis, M. (2017). *e-Learning ecologies: Principles for new learning and assessment*. Routledge.
- Díaz-Barriga, F. (2015). Enfoques pedagógicos contemporáneos. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 6(16), 3-26. <https://doi.org/10.22201/issue.20072872e.2015.16.137>
- Dron, J. y Anderson, T. (2014). *Teaching crowds: Learning and social media*. Athabasca University Press.
- Duit, R. y Treagust, D. F. (2012a). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 34(2), 171-174. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.644615>
- Duit, R. y Treagust, D. F. (2012b). Learning in science—From behaviorism towards social constructivism and beyond. *Studies in Science Education*, 48(1), 1-27.
- Fawns, T. (2022). An ecological-postdigital perspective on learning and teaching in higher education. *Postdigital Science and Education*, 4, 308-324. <https://doi.org/10.1007/s42438-021-00249-1>
- Goodyear, P. y Carvalho, L. (2014). *The architecture of productive learning networks*. Routledge.
- Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian world. *American Journal of Physics*, 60(8), 732-748. <https://doi.org/10.1119/1.17080>
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., y Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12-S23. <https://doi.org/10.1119/1.1371296>
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Prentice Hall.
- McDermott, L. C. y Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767. <https://doi.org/10.1119/1.19122>
- Pata, K. (2021). Ecologies of hybrid learning: Tracing learning trails across the formal, informal and non-formal learning spaces. *British Journal of Educational Technology*, 52(4), 1457-1472. <https://doi.org/10.1111/bjet.13066>
- Priestley, M., Biesta, G., y Robinson, S. (2015). *Teacher agency: An ecological approach*. Bloomsbury Academic.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the Physics Suite*. John Wiley & Sons.
- Sangrà, A. y Wheeler, S. (2021). Educating in the post-COVID era: A renewed opportunity for educational transformation. *Digital Education Review*, (39), 1-15.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1). http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm
- Singh, C. (2008). Interactive learning tutorials on quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4), 400-405. <https://doi.org/10.1119/1.2837813>

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ESCAPE ROOM COMO HERRAMIENTA DISRUPTIVA EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA QUÍMICA

ANA BELÉN LÓPEZ GARCÍA, CARLOS JAVIER COBO CEACERO,
Y LUISA MOLINA SAMPEDRO
Universidad de Jaén

INTRODUCCIÓN

De la Brecha Digital a la Innovación en Laboratorios de Ingeniería

La sociedad contemporánea exige una profunda reflexión sobre los modelos de enseñanza en la Educación Superior. Las generaciones actuales, identificadas como nativos digitales (Y, Z y Alpha), han crecido en un entorno de conectividad habitual y continua con las TIC, lo que ha moldeado sus patrones de aprendizaje y expectativas (Prensky, 2001). Estos estudiantes se caracterizan por buscar respuestas y recompensas inmediatas, preferir el mensaje gráfico y audiovisual sobre el textual, y manejar con fluidez la multitarea y la navegación hipertextual (García Aretio, 2019).

Esta realidad plantea retos apremiantes para las instituciones académicas:

1. Desconexión Metodológica: Existe una brecha entre las metodologías docentes tradicionales, basadas en la pasividad del estudiante y el conocimiento textual, y la demanda de interactividad y experimentación de los nativos digitales (Pérez et al., 2020).

2. Necesidad de Competencias Transversales: La Ingeniería Química demanda no solo conocimientos técnicos, sino el desarrollo de habilidades blandas como el trabajo en equipo, la resolución cooperativa de problemas y la toma de decisiones en entornos de presión (Lobo-Rueda et al., 2020).

3. Desmotivación en Entornos Prácticos: Las asignaturas de laboratorio, si bien son esenciales, pueden caer en la rutina, afectando la motivación y el compromiso del alumnado, y dificultando la asimilación profunda de contenidos (Padilla Piernas et al., 2024).

Para superar estos desafíos, la innovación docente mediante la incorporación de las TIC y las estrategias lúdicas se vuelve ineludible (OEI, 2011).

La gamificación se postula como una estrategia eficaz para influir en los comportamientos de estos colectivos. Se define como el "uso de elementos y de diseños propios de los juegos en contextos que no son lúdicos" (Werbach y Hunter, 2015) o como "la aplicación de recursos de los juegos (diseño, dinámicas, elementos,

etc.) en contextos no lúdicos para modificar comportamientos... mediante acciones sobre su motivación" (Teixes Argilés, 2014).

Dentro de este enfoque, el Escape Room educativo se ha consolidado como un recurso de gran impacto en la Educación Superior (Sierra-Daza y Fernández-Sánchez, 2019; Gómez-Urquiza et al., 2018). Este juego colaborativo, nacido en 2012, integra:

- Narrativa de Fondo: Una historia que argumenta el juego y aumenta la implicación (Gómez-Urquiza, 2019).

- Restricciones de Tiempo y Espacio: Elementos que promueven la cooperación y la resolución de problemas de manera cooperativa, esenciales para el desarrollo de competencias (Bilbao-Quintana et al., 2022; Pérez Vázquez et al., 2021).

La implementación de esta metodología permite obtener resultados satisfactorios en términos de motivación, desarrollo de competencias específicas y transversales (Edo Agustín, 2023) y el fomento de un aprendizaje basado en el reto donde el estudiante es el protagonista.

En este entorno, el Proyecto de Innovación Docente (PID) "Escape Laboratory" responde directamente a este desafío metodológico. Su Objetivo General ha sido implementar una metodología de Escape Room a gran escala en el Grado en Ingeniería Química Industrial, concretamente en las asignaturas "Experimentación en Ingeniería Química I y II" (Figura 1).

Figura 1. Titulaciones, curso y asignaturas involucradas en ESCAPE LABORATORY



La elección se justifica por ser asignaturas eminentemente prácticas, desarrolladas íntegramente en el laboratorio, lo que facilita la adaptación del reto al entorno real de trabajo colaborativo del estudiantado.

La alineación del proyecto con la innovación docente se soporta en:

- Rediseño Metodológico: Integración de elementos pedagógicos y tecnológicos para un entorno más atractivo, interactivo y de calidad, adaptado a las características del alumnado nativo digital (Objetivo 2 del Plan Director de Enseñanzas de la UJA).

- Equipo Interdisciplinar: La inclusión de profesorado de diferentes áreas (Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente) y el Personal Técnico de

Laboratorio asegura la competencia docente, científica y técnica necesaria, así como la sostenibilidad del modelo propuesto.

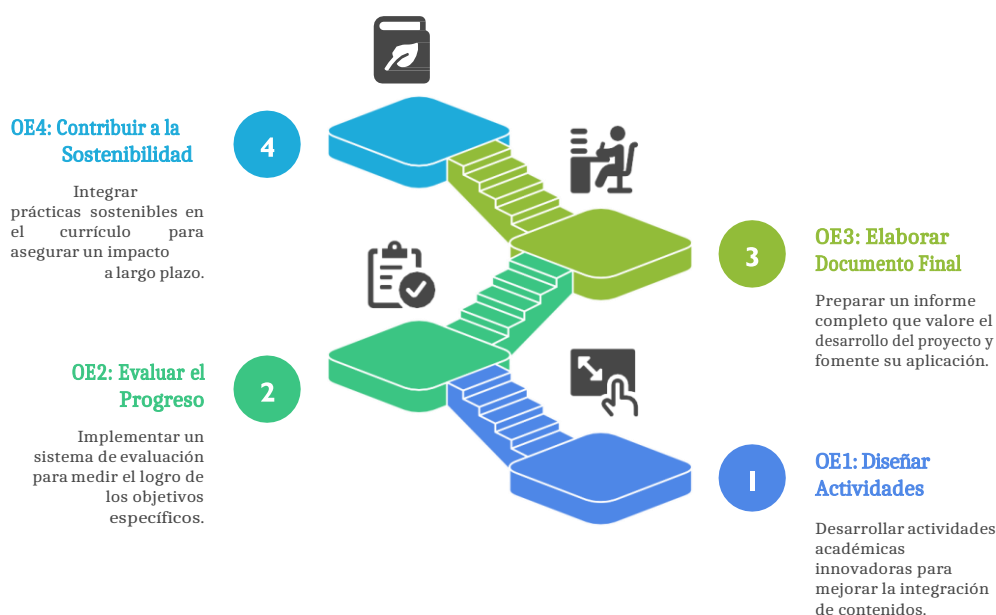
Este proyecto ha buscado así innovar en los modelos de relación en el aula, utilizando la gamificación para transformar un entorno técnico tradicional en un espacio de aprendizaje activo y colaborativo.

Objetivos

El proyecto ESCAPE LABORATORY plantea un objetivo general (OG), desglosado en cuatro objetivos específicos (OE) en los cuales el OE1 se desglosa, a su vez, en tres objetivos subespecíficos (Figura 2).

Figura 2. Objetivos del PID ESCAPE LABORATORY

OE: Desarrollar e implementar una metodología educativa innovadora que fomente la adquisición de competencias profesionales en Ingeniería Química



La consecución de estos objetivos ha guiado el enfoque y tareas clave implicadas. Éstas se agrupan en:

- O.E. 1: Definir el argumento, la secuencia de los 6 módulos (enigmas y pruebas), y la integración de los contenidos de Experimentación I y II, creando un entorno de aprendizaje físico/virtual altamente interactivo.

- O.E. 2: Impulsar la participación activa de los alumnos como protagonistas de su aprendizaje y asegurar la implicación del equipo docente (incluido el personal técnico de laboratorio) en el rediseño metodológico.

- O.E. 3: Establecer y aplicar un modelo de evaluación flexible (test inicial, cuestionarios de módulo, evaluación formativa, valoración final) que permita cuantificar la mejora de habilidades.

- O.E. 4: Asegurar que el modelo Escape Laboratory pueda ser mantenido y replicado en cursos académicos futuros, e incluir sus resultados como parte de la mejora continua de la calidad docente.

- O.E. 5: Comunicar la innovación y su impacto a la comunidad educativa y científica a través de publicaciones, congresos y plataformas digitales.

MÉTODO

Justificación, planificación y recursos disponibles

El Proyecto de Innovación Docente "Escape Laboratory" se ha desarrollado a lo largo de dos cursos académicos (2023-24 y 2024-25). La metodología se ha implementado en las asignaturas "Experimentación en Ingeniería Química I" y "Experimentación en Ingeniería Química II" del Grado en Ingeniería Química Industrial, aprovechando su naturaleza eminentemente práctica y la necesidad de fomentar el trabajo colaborativo en el entorno del laboratorio.

La Figura 3 muestra la metodología implementada y las actividades llevadas a cabo en el proyecto. En la jornada inicial se realizó una presentación del proyecto de innovación en su conjunto y los beneficios para el alumnado. El orden y el contenido del resto de actividades se establecieron para que el resultado de cada una de ellas posibilitara el desarrollo de la siguiente mediante la generación de los materiales necesarios para ello. Finalmente, los resultados de todas estas actividades fueron revisados y valorados en la Jornada final.

Figura 3. Relación de actividades dentro del PID ESCAPE LABORATORY



El modelo metodológico completo fue aplicado de forma replicada y optimizada en tres ocasiones a lo largo de los dos cursos académicos del proyecto, lo que permitió asegurar la robustez del diseño y la validez de los resultados.

Las actividades docentes llevadas a cabo durante los dos cursos académicos, su temporización durante los cursos 2023-24 y 2024-25 y los/as responsables de cada actividad se resumen en la Tabla 1. Todas las actividades del proyecto de innovación eran obligatorias para el alumnado y estaban recogidas en las guías docentes oficiales de cada asignatura durante el periodo de vigencia del proyecto.

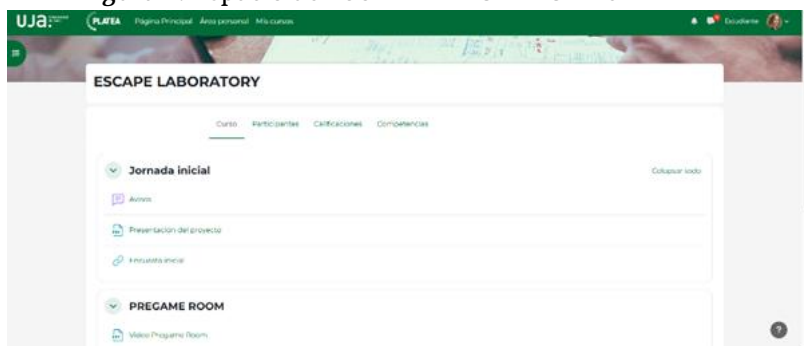
Tabla 1. Resumen de las actividades docentes realizadas en el proyecto ESCAPE LABORATORY

Curso Académico	Asignatura	Temporalidad	Actividad docente	Fechas	Responsable
2023-24	Experimentación en Ingeniería Química I	2º Cuatrimestre	Jornada Inicial	Enero: semana 3	Coordinadora del PID
			Pregame Room	Marzo: semana 2	Todo el profesorado y Personal Técnico de Laboratorio
			Laboratory Room	Abril: semana 1	Todo el profesorado y Personal Técnico de Laboratorio
			Monitoring Room	Abril: semana 4	Todo el profesorado y Personal Técnico de Laboratorio
			Jornada Final	Mayo: semana 2	Coordinadora del PID
2024-25	Experimentación en Ingeniería Química II	1er Cuatrimestre	Jornada Inicial	Septiembre: semana 3	Coordinadora del PID
			Pregame Room	Octubre: semana 1	Todo el profesorado y Personal Técnico de Laboratorio
			Laboratory Room	Noviembre: semana 2	Todo el profesorado y Personal Técnico de Laboratorio
			Monitoring Room	Diciembre: semana 1	Todo el profesorado y Personal Técnico de Laboratorio
			Jornada Final	Diciembre: semana 3	Coordinadora del PID
2024-25	Experimentación en Ingeniería Química I	2º Cuatrimestre	*		

El PID ESCAPE LABORATORY ha dispuesto de un espacio en la plataforma telemática PLATEA de la Universidad de Jaén, que ha sido utilizada como repositorio del material docente y de evaluación generado y como vehículo de contacto con el alumnado (Fig. 4). El material incluye las presentaciones usadas en cada Jornada,

enlaces a videos y materiales complementarios, así como los cuestionarios de evaluación de las actividades (elaborados mediante Google Forms).

Figura 4. Espacio de ESCAPE LABORATORY en PLATEA

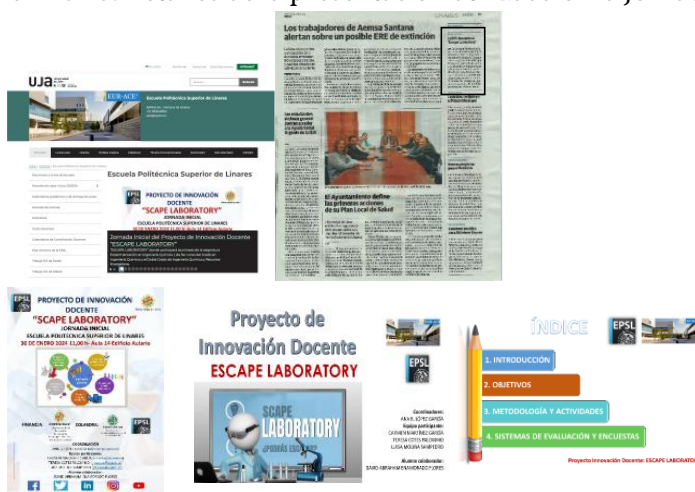


Descripción de las actividades docentes

Jornada inicial

En la Jornada inicial se realizó una presentación del proyecto de innovación en su conjunto y los beneficios para el alumnado, informándoles sobre los objetivos, las actividades, el cronograma y las tareas específicas. Se resaltó la contribución del presente PID a la sostenibilidad curricular en el plan de estudio de la titulación involucrada.

Figura 5. Cartel de la Jornada Inicial del curso 2023/24 y actividades de difusión de la misma. Detalles de la presentación utilizada en la Jornada



Pregame Room (Fase Introductoria)

El equipo docente presentó la narrativa de trasfondo que justifica el reto, una emergencia química que requiere soluciones rápidas, mediante un vídeo de inmersión cuya puesta en situación puede observarse en la Figura 6 y se detallaron las reglas específicas del juego. Se hizo especial hincapié en la seguridad en el laboratorio, un contenido crítico que se evaluaría a lo largo de los módulos.

Figura 6. Imágenes del vídeo de inmersión utilizado y de la participación del alumnado en la jornada Pregame Room



Se aplicó el Test Inicial (Encuesta Inicial), elaborado mediante Google Forms, el cual cumplió una doble función diagnóstica y de expectativas:

1. Diagnóstico de actitud y conocimiento: Evaluar el interés inicial del alumnado en metodologías de innovación docente y determinar su grado de familiaridad con las técnicas de gamificación. Esto permitió al equipo docente modular el lenguaje y las explicaciones.

2. Evaluación de expectativas: Recoger las percepciones iniciales del alumnado, estableciendo una línea de base motivacional que se contrastaría con los resultados de la Jornada Final.

Para asegurar el nivel mínimo de preparación antes de la intervención principal, se realizaron pruebas de calentamiento de carácter procedimental y de seguridad. Estas pruebas preliminares, aunque no contaban en la puntuación final del Escape Room, sirvieron para reforzar las normas básicas del laboratorio.

Laboratory Room (Fase de Desarrollo)

Es la fase central de la intervención, donde se produce la aplicación práctica del conocimiento en un entorno de presión controlada.

Los equipos tuvieron que recorrer los 3 módulos secuenciales, cada uno planteando un enigma que requería la aplicación de un concepto clave de la Ingeniería Química I o II (p. ej., cálculos estequiométricos, diseño de experimentos, identificación de riesgos) (Figura 7).

Figura 7. Equipos de alumnado interactuando con las pruebas en el entorno de laboratorio en la Fase de Laboratory Room. Imágenes de los guiones usados para algunas pruebas



La resolución de cada enigma implicaba una acción física en el laboratorio (manipulación de equipos, identificación de reactivos) cuyo resultado era verificado en la plataforma virtual para obtener el código de acceso al módulo siguiente o la insignia digital.

El diseño modular exigió de forma continua la toma de decisiones bajo presión, la distribución de tareas y la cooperación efectiva dentro del equipo para gestionar el tiempo límite del reto.

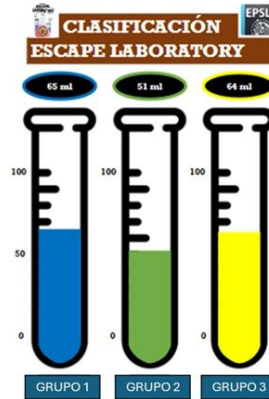
Monitoring Room (Fase Formativa)

Esta fase se desarrolló de forma simultánea a la ejecución del Laboratory Room y tuvo un carácter esencialmente formativo y de seguimiento.

El profesorado monitorizó de cerca la progresión de los equipos, tanto mediante la observación directa de las dinámicas de trabajo en el laboratorio como a través del tracking en la plataforma virtual (registro de intentos fallidos, tiempo de resolución) (Figura 8).

El objetivo primordial fue proporcionar retroalimentación inmediata y constructiva ante errores procedimentales o de seguridad graves, asegurando que el juego se mantuviera como una herramienta de aprendizaje y no solo de evaluación. Esta feedback oportuno permitió la corrección de errores en el momento exacto de la práctica.

Figura 8. Imagen del seguimiento realizado en la plataforma digital



Debriefing Room (Jornada Final de Reflexión)

La fase de cierre fue crucial para asegurar la consolidación del aprendizaje y la autoevaluación. Se llevó a cabo una sesión guiada de revisión y análisis donde los equipos analizaron las estrategias que funcionaron, los puntos débiles en su cooperación y los errores técnicos cometidos. Esta reflexión ayudó a consolidar el conocimiento procedimental.

Como elemento final de la gamificación y reconocimiento al esfuerzo y rendimiento, se realizó la entrega formal de premios a los equipos ganadores del Escape Room, valorando tanto la eficacia en la resolución de las pruebas técnicas como el trabajo en equipo. Este evento sirvió para clausurar la experiencia con un alto componente motivacional (Figura 9).

Figura 9. Imágenes de entrega de premios en la Jornada Final



Para llevar a cabo la Evaluación Final de la experiencia se aplicó la Encuesta de Satisfacción Final (Google Forms) para recabar la valoración subjetiva del alumnado sobre la experiencia gamificada, el impacto motivacional y su percepción sobre el desarrollo de habilidades blandas (trabajo en equipo, comunicación, liderazgo), cerrando así el ciclo de evaluación del impacto metodológico.

Reuniones de coordinación

La gestión del proyecto se apoyó en una estructura de coordinación que garantizó la integración del equipo y la mejora continua de la metodología.

La planificación y ejecución involucró al profesorado de las áreas de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente, en estrecha colaboración con el Personal Técnico de Laboratorio.

Se establecieron dos tipos principales de sesiones de coordinación a lo largo de los dos cursos académicos:

- Reuniones de Planificación (Diseño y Materiales): De carácter intensivo en la fase inicial y trimestral durante la fase de ejecución, centradas en la creación y el ajuste de los materiales de los módulos y los instrumentos de evaluación.

- Reuniones de Evaluación (Análisis Post-Intervención): Celebradas inmediatamente después de cada una de las tres réplicas del Laboratory Room. En estas sesiones se revisaron los datos de tracking y las encuestas para identificar la brecha entre el diseño y la ejecución, sirviendo como base para el ciclo de mejora continua.

Además, el alumnado en formación participó activamente en estas reuniones, aportando su perspectiva en la definición del Pregame Room y el contenido de los módulos.

RESULTADOS

El análisis de los resultados se realizó a partir de la recopilación y el contraste de los datos obtenidos en las tres implementaciones completas del ciclo metodológico (Escape Laboratory) en las asignaturas "Experimentación en Ingeniería Química I" y "Experimentación en Ingeniería Química II" durante los cursos 2023-24 y 2024-25.

La evaluación se estructuró en dos ejes que contrastan la Eficacia Metodológica (validación del diseño) y el Impacto Motivacional (percepción y satisfacción del alumnado).

Resultados de la Eficacia Metodológica (O.E. 1 y O.E. 3)

Esta sección se basa en los datos de puntuación de los módulos y el tracking procesual, evidenciando el éxito del diseño (O.E. 1) y la validez del sistema de evaluación (O.E. 3).

- En el cómputo global de las tres réplicas, se registró una alta tasa de finalización, con el 100% de los equipos que lograron completar exitosamente los tres módulos dentro del tiempo límite. Este resultado valida la metodología como un medio eficaz para la aplicación de conocimientos y procedimientos técnicos en un entorno simulado de presión.

- La observación directa durante el Monitoring Room y la puntuación de los módulos confirmaron el impacto en las habilidades blandas. La estructura de los desafíos, al requerir la distribución de tareas y la comunicación bajo presión, fue determinante para el desarrollo de la competencia de trabajo colaborativo en el entorno del laboratorio.

- Se observó una mejora constante y progresiva en los tiempos medios de resolución entre la implementación piloto (2023-24) y las réplicas posteriores (2024-25), lo que sugiere que los ajustes aplicados al diseño de los enigmas tras las sesiones de coordinación internas fueron efectivos.

Resultados sobre el Impacto Motivacional (O.E. 2 y O.E. 4)

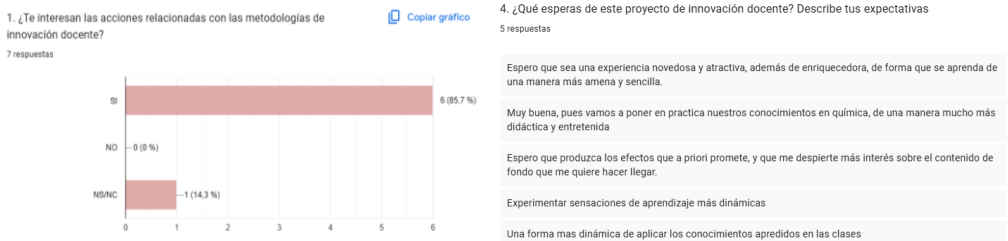
Esta sección contrasta los datos de la Encuesta Inicial y la Encuesta de Satisfacción Final para medir el impacto motivacional del proyecto.

El Test Inicial, aplicado en el Pregame Room, sirvió como línea de base diagnóstica, confirmando una alta predisposición del alumnado.

- El 85.7% del alumnado ya manifestó previamente un interés por las metodologías de innovación docente (Pregunta 1 de Encuesta Inicial).

- La principal expectativa recogida (Pregunta 4 de Encuesta Inicial) se centró en "Aprender de forma más práctica y divertida", estableciendo un claro objetivo motivacional para el proyecto (Figura 10).

Figura 10. Ejemplo de test de evaluación inicial (curso 2023/24)

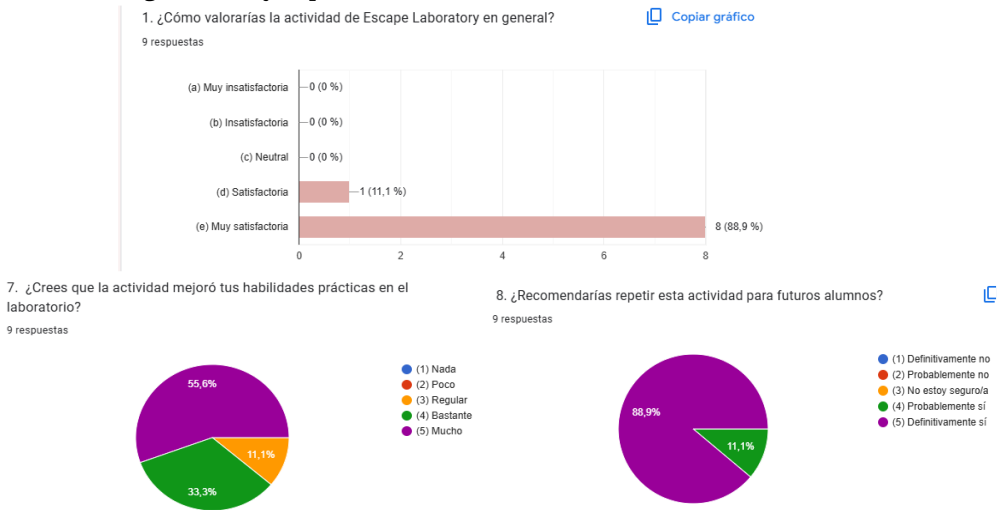


La Encuesta de Satisfacción Final, aplicada en el Debriefing Room, demostró la superación de las expectativas y la alta valoración del modelo:

- El 88.9% de los participantes calificó la experiencia del Escape Laboratory como "Muy Satisfactoria" o "Excelente" y un 100% manifestó que le "gustaría repetir" la metodología (Preguntas 1 y 8 de la Encuesta final).

- La gran mayoría del alumnado (88,9%) percibió que la metodología del Escape Room mejoró mucho o bastante su adquisición de conocimientos de seguridad y procedimientos frente a las clases tradicionales de laboratorio (Preguntas 7 de la Encuesta final).

Figura 11. Ejemplo de test de evaluación final (curso 2024/25)



CONCLUSIONES

Los resultados del proyecto Escape Laboratory han mostrado las siguientes mejoras en la formación universitaria:

1. La gamificación a través de un Escape Room a gran escala es una metodología viable, robusta y altamente efectiva para la aplicación y evaluación de competencias específicas y transversales en las asignaturas prácticas de Ingeniería Química.

2. El proyecto demostró una correlación directa entre la metodología gamificada y el aumento de la motivación y el compromiso del alumnado, logrando una alta satisfacción global.

3. El modelo de diseño por fases y la integración de las actividades en las guías docentes aseguran la permanencia de la innovación, garantizando que el beneficio perdure más allá de la vigencia del proyecto PID.

4. La combinación del Test Inicial, el tracking en tiempo real y la Encuesta Final conforma un sistema de evaluación que ofrece un diagnóstico completo del conocimiento, la actitud y el rendimiento procedimental del alumnado.

REFERENCIAS

Bilbao-Quintana, N., Romero-Andonegui, A., Portillo-Berasaluce, J., y López-de-la-Serna, A. (2022). Escape room digital para el desarrollo del aprendizaje colaborativo en educación superior. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 23.

Edo Agustín, E. (2023). Gamificación: metodología para el desarrollo de competencias específicas y transversales en Magisterio. *EDUCAR*, 59(2), 333–349.

García Aretio, L. (2019). Necesidad de una educación digital en un mundo digital. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(2), 9–22.

Gómez-Urquiza, J. L. (2019). Qué es y cómo plantear una habitación de escapismo o escape room con fines docentes en Ciencias de la Salud. *Ene*, 13(4), 1342.

Gómez-Urquiza, J. L., Gómez Salgado, J., Albendín-García, L., Correa-Rodríguez, M., González-Jiménez, E., y De la Cañadas-De la Fuente, G. (2018). The impact on nursing STUDENTS' opinions and motivation of using a "nursing escape room' as a teaching game: A descriptive study. *Nurse Education Today*, 72, 73-76.

Lobo-Rueda, M. A., Paba-Medina, M. C., y Torres-Barreto, M. L. (2020). Análisis descriptivo de experiencias gamificadas para enseñanza y aprendizaje en educación superior en ingeniería. *Revista Espacios*, 41(16).

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). (2011). *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. OEI.

Padilla Piernas, J. M., Parra Meroño, M. C., y Flores Asenjo, M. P. (2024). Escape Rooms virtuales: una herramienta de gamificación para potenciar la motivación en la educación a distancia. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 61-85.

Pérez Vázquez, E., Gilabert Cerdá, A., y Lledó Carreres, A. (2019). Gamificación en la educación universitaria: El uso del escape room como estrategia de aprendizaje. En R. Roig Vila (Coord.), *Investigación e innovación en la Enseñanza Superior: Nuevos contextos, nuevas ideas* (pp. 660-668). Ediciones Octaedro.

Pérez, J., De la Fuente, I., y Rueda, D. (2020). La brecha metodológica: Desafíos del profesorado ante la demanda de innovación en el aula universitaria. *Revista de Innovación Docente e Investigación en Educación*, 13(2), 54-67.

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6.

Sierra-Daza, M. C. y Fernández-Sánchez, M. R. (2019). Gamificando el aula universitaria: Análisis de una experiencia de Escape Room en educación superior. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(36), 105-115.

Teixes Argilés, F. (2014). *Gamificación: fundamentos y aplicaciones*. UOC.

Werbach, K. y Hunter, D. (2015). *The power of gamification: For the win*. Wharton Digital Press.

CAPÍTULO 3

DEL AULA A LA EVALUACIÓN INTELIGENTE: NUEVAS PERSPECTIVAS CON IA GENERATIVA

JOSÉ SANTIAGO TORRECILLA VELASCO
Universidad Complutense de Madrid, Escuela Politécnica Superior del Ejército

INTRODUCCIÓN

La evaluación formativa es un pilar del proceso de enseñanza-aprendizaje universitario, pues fomenta la valoración objetiva, la retroalimentación inmediata y la detección temprana de fortalezas y carencias del alumnado (Black y Wiliam, 2009). Este enfoque ayuda tanto a los docentes como a los propios estudiantes, que pueden monitorizar su progreso y anticipar dificultades, especialmente en contextos de autoaprendizaje (Nicol y Macfarlane-Dick, 2006).

El avance de la inteligencia artificial y los modelos de procesamiento del lenguaje natural ha impulsado nuevas formas de evaluación educativa (Luckin et al., 2016; Holmes et al., 2019), facilitando la corrección automática y la generación de retroalimentación personalizada (Shute y Rahimi, 2017; Zawacki-Richter et al., 2019). Sin embargo, su implantación en la universidad sigue siendo limitada, y se requieren estudios experimentales que validen su utilidad en contextos reales.

Recientes investigaciones han creado sistemas capaces de analizar automáticamente respuestas escritas y proporcionar valoraciones y retroalimentación inmediata a partir de materiales docentes y grabaciones de clase (Singhal et al., 2023). No obstante, son escasas las experiencias que integren de forma personalizada todos los recursos de una asignatura universitaria.

En este contexto, el presente trabajo desarrolla y valida un sistema de evaluación formativa inteligente basado en modelos LLM ejecutados en Ollama, que compara las respuestas estudiantiles con un corpus de materiales docentes y proporciona valoraciones objetivas y cuantitativas. Además de servir de apoyo al profesorado, permite la autoevaluación autónoma del alumnado y retroalimentación alineada con los criterios académicos.

El objetivo principal es evaluar la eficacia y las ventajas de esta herramienta tanto como apoyo docente como instrumento de autoevaluación formativa en asignaturas técnicas universitarias.

MÉTODO

Procedimiento experimental

El procedimiento experimental se realizó en la Universidad Complutense de Madrid (España), en el marco del grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Las pruebas se llevaron a cabo en tres asignaturas de segundo, tercero y cuarto curso: Fundamentos de Ingeniería Química (FIQ), Ingeniería Alimentaria (IngA) y Proyectos (Proy).

En el curso académico 2024-25, se seleccionaron y corrigieron manualmente 30 exámenes por cada asignatura, sumando un total de 90 exámenes, con el objetivo de evaluar el desempeño y la fiabilidad del sistema automático de corrección basado en inteligencia artificial.

Para la optimización y validación del modelo, se empleó un total de 450 exámenes finales escritos, correspondientes a convocatorias ordinarias y extraordinarias de las asignaturas FIQ, IngA y Proy, repartidos según se muestra en la Tabla 1, y recogidos a lo largo de los cursos académicos 2022-23, 2023-24 y 2024-25. Es importante señalar que, aunque cada asignatura cuenta con más de un docente, las calificaciones consideradas en este trabajo corresponden exclusivamente a los exámenes corregidos por el docente responsable de este estudio.

Tabla 1. Número de exámenes empleados para la optimización y validación del modelo desarrollado (Ord: Convocatoria ordinaria; Extraord: Convocatoria extraordinaria)

	FIQ		IngA		Proy	
	Ord	Extraord	Ord	Extraord	Ord	Extraord
2022-23	30	10	54	10	57	10
2023-24	50	10	56	10	53	10
2024-25	20	10	20	10	20	10
Total	100	30	130	30	130	30

De los 450 exámenes empleados, 90 corresponden a la muestra de validación recogida en el curso 2024-25, mientras que los 360 exámenes restantes se utilizaron como muestra de optimización, recogidos a lo largo de los tres cursos académicos contemplados en el desarrollo de la herramienta.

Los exámenes evaluados en este estudio incluyen preguntas de respuesta corta, cuestiones de desarrollo tipo ensayo y resolución de casos prácticos, abarcando los principales formatos de evaluación en asignaturas técnicas universitarias. Por ejemplo, en Fundamentos de Ingeniería Química se plantearon preguntas como: “Explique el principio de operación de un intercambiador de calor” (respuesta de desarrollo) o “Enumere las diferencias entre flujo laminar y turbulento” (respuesta corta). En la asignatura de Proyectos, los alumnos debían analizar un caso práctico proponiendo la secuencia de etapas para la planificación de una planta piloto. Este

enfoque permite valorar la capacidad del sistema tanto para analizar respuestas concisas como argumentos extensos y análisis complejos.

El proceso seguido consta de las siguientes fases principales:

- **Incorporación de materiales:** Toda la información relevante para la evaluación ha sido introducida en el sistema a través de archivos PDF (que incluyen el temario oficial y las presentaciones de clase) y audios de las sesiones presenciales, los cuales han sido transcritos automáticamente. Este paso garantiza una representación fiel, completa y estructurada del conocimiento impartido en cada asignatura, formando así el corpus de referencia para la corrección automatizada.

- **Evaluación automatizada:** Los estudiantes han respondido a una batería de preguntas escritas, siguiendo el formato habitual de examen. Sus respuestas se han introducido en el sistema, que compara cada contestación con el corpus de conocimiento y genera automáticamente una puntuación de adecuación (*matching score*) en una escala de 0 a 100%. Esta puntuación refleja el grado de correspondencia entre la respuesta del alumno y los contenidos de referencia establecidos.

- **Evaluación docente:** De forma independiente, el profesorado responsable de cada asignatura ha corregido las mismas respuestas aplicando los criterios tradicionales de corrección. Esta corrección manual constituye el estándar de referencia frente al cual se valoran los resultados del sistema automatizado.

- **Comparación de evaluaciones:** Finalmente, se han recopilado y analizado los resultados obtenidos por ambos métodos de evaluación. Se han empleado métricas de correlación y análisis de concordancia (por ejemplo, coeficiente de correlación de Pearson y análisis de acuerdo interevaluador) para comparar la puntuación generada por el sistema de IA con la valoración asignada por los docentes. Este análisis ha permitido determinar la fiabilidad, validez y grado de alineamiento del sistema automatizado respecto a la corrección tradicional, así como identificar posibles áreas de mejora o ajuste en futuras implementaciones.

Para reforzar la robustez en el ajuste de umbrales y asegurar la fiabilidad de los resultados, se implementó un procedimiento de validación cruzada. Las calificaciones (450 exámenes, tabla 1) se dividieron en dos conjuntos: uno de entrenamiento u optimización (80%, 360 exámenes, repartidos según la tabla 1) y otro de validación (20%, 90 exámenes, correspondientes al curso académico 2024-25). Los umbrales de tolerancia se optimizaron utilizando únicamente el conjunto de entrenamiento y, posteriormente, se evaluó la capacidad predictiva del sistema con el conjunto de validación. Se comprobó así que tanto la concordancia como la diferencia media entre los valores predichos y los reales se mantenían dentro de los márgenes establecidos. Esta metodología garantiza que el ajuste realizado no está sobre-ajustado a los datos originales y que el sistema mantiene su precisión ante nuevos casos.

Herramientas tecnológicas

Para implementar este sistema experimental se han utilizado herramientas tecnológicas que permiten integrar, automatizar y garantizar la fiabilidad del proceso de evaluación. Destaca el uso de Ollama como entorno local de ejecución de modelos LLM, lo que evita enviar datos a servidores externos y asegura la privacidad y el control de la información sensible, especialmente relevante en el ámbito universitario.

El desarrollo de los módulos se ha realizado íntegramente en Python, que facilita la automatización, integración de materiales (PDF, audios, hojas de cálculo) y la comunicación con los modelos de lenguaje. Bibliotecas como pandas, NumPy y matplotlib han permitido crear un flujo de trabajo robusto, reproducible y escalable. La transcripción automática de audios ha sido fundamental para convertir las clases presenciales en texto estructurado, ampliando el corpus de conocimiento del sistema y permitiendo aprovechar tanto materiales escritos como sonoros, enriqueciendo así la evaluación automatizada.

El sistema se ejecuta en equipos locales, lo que refuerza la privacidad aunque requiere ciertos recursos de hardware. Las pruebas se realizaron en Python 3.8 y Jupyter Notebook, empleando Fastai (2.x) sobre PyTorch para la implementación de los modelos, en estaciones con Ubuntu 22.04 LTS, procesadores de gama media-alta, 32 GB de RAM y GPU NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti (11 GB). Se alcanzaron tiempos de inferencia de 2-3 segundos por respuesta. Para cohortes numerosas, se recomienda el uso de GPU o servidores dedicados para garantizar la escalabilidad y eficiencia.

La arquitectura modular permite paralelizar la evaluación de exámenes, adaptándose a grandes grupos y asegurando eficiencia. Todas las configuraciones de software y hardware han sido documentadas para garantizar la reproducibilidad y robustez del sistema.

Descripción de las herramientas empleadas en el código IA

El sistema desarrollado para la corrección automática de exámenes integra herramientas avanzadas de manipulación de datos, procesamiento de lenguaje natural, automatización y control de calidad. Su arquitectura modular y la gestión robusta de errores permiten una solución adaptable y fiable para distintos contextos educativos y modalidades de examen.

El núcleo de la herramienta es un modelo de lenguaje de gran tamaño (LLM) implementado mediante Ollama, entrenado específicamente para la asignatura. Su base de conocimiento se ha construido con documentos PDF del temario y bibliografía, presentaciones de clase, y audios de sesiones presenciales segmentados y transcritos. En esta fase, el sistema se centra en la corrección de respuestas escritas,

aunque está prevista la integración de audios de alumnos para evaluar pruebas orales en el futuro.

El desarrollo del código IA se ha personalizado, validando cada módulo con los datos específicos. El funcionamiento del sistema abarca varias fases:

- **Lectura y estructuración de datos:** Utiliza pandas para importar y organizar los exámenes en DataFrames, aplicando limpieza y normalización (selección de columnas, tratamiento de valores nulos, homogeneización de textos), asegurando la calidad de los datos.

- **Procesamiento de lenguaje natural y evaluación:** Las respuestas se envían al LLM junto con instrucciones y criterios de corrección. El modelo analiza cada respuesta y genera calificaciones y comentarios. Se pueden incorporar procesos como tokenización o extracción de palabras clave para mejorar la evaluación.

- **Automatización y generación de informes:** Las calificaciones y comentarios se integran en el DataFrame, permitiendo la generación automática de informes y gráficos en formatos como Excel, CSV o PDF para docentes y responsables académicos.

- **Control de calidad y validación:** Incluye mecanismos de gestión de errores (try-except, logs, validaciones de integridad) para detectar inconsistencias o errores en la comunicación con el modelo. Además, permite validación manual o semiautomática por parte del docente, garantizando transparencia y calidad.

Esta herramienta constituye un sistema integral y adaptable para la corrección automática de exámenes abiertos, combinando IA, manipulación avanzada de datos y controles de calidad. Su diseño flexible permite futuras extensiones, como la evaluación oral automatizada.

Destaca que la arquitectura permite el acceso directo de los estudiantes, quienes pueden ensayar respuestas y obtener una valoración automática antes de la evaluación formal, fomentando el aprendizaje autónomo y una mejor preparación alineada con los estándares académicos.

RESULTADOS

El software desarrollado supone un avance en la automatización de la evaluación formativa, especialmente en la corrección de preguntas abiertas, integrando modelos de lenguaje y procesamiento semántico avanzado para comparar respuestas con referencias ideales. En este apartado se presentan los componentes principales del sistema, el proceso de cálculo, las herramientas empleadas y los resultados obtenidos, junto con su discusión crítica.

Análisis del funcionamiento y resultados del modelo

El sistema comienza con la carga y procesamiento del corpus de referencia, admitiendo formatos comunes en el entorno académico como PDF, DOCX, TXT y XLSX. La funcionalidad `RecursiveCharacterTextSplitter` de Langchain permite fragmentar los documentos en unidades textuales de longitud óptima, facilitando el análisis posterior y mejorando la precisión en la búsqueda semántica. Cada fragmento almacena metadatos esenciales —fuente, nombre de archivo, y localización (como la página en PDFs)— que garantizan la trazabilidad de la información empleada en la evaluación, algo fundamental en procesos educativos rigurosos.

Tras la fragmentación, los textos se transforman en representaciones numéricas de alta dimensión (embeddings), utilizando el modelo “nomic-embed-text” ejecutado localmente con Ollama. Esta transformación se aplica tanto al corpus como a las preguntas y respuestas de los usuarios. Los embeddings constituyen la base para medir la similitud semántica, permitiendo comparar conceptos y significados más allá de la coincidencia literal de palabras. Este enfoque moderno proporciona robustez y flexibilidad, capturando matices y relaciones complejas entre los textos y facilitando una evaluación más justa y objetiva.

En cuanto a la operativa de evaluación, el usuario introduce una pregunta y su respuesta. Inicialmente, el sistema calcula la similitud coseno entre los embeddings de ambos; si la similitud no supera un umbral de 0.3, la respuesta se descarta por no ser relevante. Superado este filtro, el sistema localiza dentro del corpus el fragmento más afín a la pregunta. A continuación, se utiliza el modelo LLM llama3, desplegado en Ollama, para generar una respuesta ideal basada exclusivamente en el fragmento seleccionado, evitando así la incorporación de información ajena al corpus y asegurando la alineación con los materiales docentes.

Se realiza entonces una segunda comparación de similitud entre los embeddings de la respuesta del usuario y la respuesta ideal. Si esta similitud es superior al umbral (0.25), se considera la respuesta válida para su evaluación detallada. El modelo LLM realiza un análisis comparativo, identificando carencias, errores u omisiones, y ofreciendo una retroalimentación textual precisa, ajustada a la referencia documental. Paralelamente, se otorga una puntuación cuantitativa (de 0 a 100) que indica el grado de acierto, permitiendo una autoevaluación objetiva y rápida.

El desarrollo del software ha recurrido a herramientas consolidadas en inteligencia artificial y procesamiento de lenguaje natural, como Langchain para la gestión y fragmentación de documentos, Ollama para el despliegue local de modelos y Numpy para los cálculos matemáticos. La interacción con los servicios de Ollama se realiza mediante la librería `requests`, integrando todos los componentes en un flujo de trabajo eficiente, reproducible y seguro.

Los resultados obtenidos evidencian la eficacia y versatilidad del sistema: identifica con precisión los fragmentos más relevantes, genera respuestas ideales coherentes y ajustadas, y facilita una retroalimentación clara que favorece el aprendizaje autónomo. El sistema supera las limitaciones de métodos tradicionales centrados en palabras clave, al basarse en una comparación semántica profunda. Además, la arquitectura local garantiza la privacidad y la adaptabilidad del sistema a distintos contextos y asignaturas, siempre que se disponga de un corpus representativo. La correcta selección de umbrales y modelos de embeddings resulta clave para equilibrar exigencia y flexibilidad, permitiendo reconocer respuestas alternativas válidas. En conjunto, la herramienta representa un avance significativo en la evaluación automatizada y formativa de respuestas abiertas, aportando objetividad, personalización y eficiencia al proceso educativo.

Ajuste secuencial de umbrales para la alineación del modelo LLM con el criterio docente

La optimización del modelo LLM para la corrección automática de exámenes se fundamenta en la implementación de un sistema de umbrales secuenciales que actúan como filtros progresivos para garantizar que las calificaciones generadas por la IA se ajusten al máximo posible al criterio del docente. Este enfoque difiere radicalmente de los sistemas convencionales basados en regresión o arquitecturas convolucionales (como ResNet), ya que no se limita a minimizar un error promedio global, sino que introduce una lógica de control por rangos de tolerancia que permite modular el grado de acuerdo requerido en cada fase del proceso.

En la metodología propuesta, se han establecido tres umbrales diferenciados, cada uno con una función y exigencia específica:

- **Primer umbral (0,5 punto):** Se trata del margen de discrepancia más amplio aceptable entre la calificación propuesta por el modelo LLM y la calificación real del docente. Si la diferencia absoluta entre ambos valores es inferior o igual a 0,3 puntos, la predicción se considera aceptable y no requiere revisión adicional. Este primer umbral está orientado a filtrar rápidamente los casos donde la IA y el docente están sustancialmente de acuerdo, optimizando así la eficiencia del proceso automatizado.

- **Segundo umbral (1 punto):** Para aquellos casos en los que la discrepancia se sitúa por encima de 0,5 pero por debajo de 1 punto adicionales (es decir, en el intervalo crítico donde puede haber desacuerdo leve pero relevante), se activa un segundo filtro de tolerancia más estricto. Este segundo umbral obliga al modelo a refinar su estimación, mediante técnicas de reponderación o ajuste semántico, hasta acercarse al máximo al valor del docente. Este nivel es fundamental para capturar matices evaluativos que pueden ser críticos en el contexto académico y garantizar así una mayor fidelidad a la valoración humana.

- Tercer umbral (1,5 puntos): Finalmente, en aquellos casos en los que tras el segundo ajuste persista una discrepancia significativa, se puede considerar “no aceptable” o pasar a revisión manual, dependiendo del protocolo establecido. Este tercer nivel se reserva habitualmente para exámenes o ejercicios donde la subjetividad del evaluador juega un papel decisivo, o bien en contextos donde se requiere una absoluta equidad entre alumnos.

La lógica de ajuste secuencial de estos umbrales no es estática, sino adaptable: permite modular su valor según la asignatura, el tipo de prueba o la preferencia explícita del docente. El proceso de fijación de los valores óptimos se basa en el análisis de la distribución de errores históricos y puede incluir retroalimentación periódica del propio profesor. Así, si se detecta que en determinada materia el modelo tiende a sobrestimar o subestimar sistemáticamente, los umbrales pueden reajustarse dinámicamente para corregir dichos sesgos, logrando una personalización muy fina del sistema.

Además, este enfoque facilita la trazabilidad y la transparencia en la corrección automática, ya que cada predicción puede ser clasificada y revisada según el umbral en el que ha sido aceptada. Esto aporta una capa adicional de control de calidad y permite identificar áreas donde el modelo debe ser reentrenado o supervisado manualmente. En conjunto, el sistema de tres umbrales garantiza que la evaluación automática mediante LLM no solo sea eficiente y escalable, sino también rigurosamente alineada con el criterio docente, integrando tanto la objetividad de la IA como los matices y valores profesionales del evaluador humano.

No obstante, es importante señalar que el sistema se ha optimizado para replicar el criterio de un único docente por asignatura, lo que garantiza una elevada fidelidad en contextos de evaluación homogénea. Sin embargo, en aquellas asignaturas con varios correctores, puede aparecer variabilidad interevaluador. Para abordar este reto y mantener la coherencia en la evaluación, se propone la calibración del sistema mediante la integración de rúbricas consensuadas y el ajuste de los umbrales a partir de calificaciones de varios docentes. La agregación de valoraciones o la aplicación de algoritmos de consenso permitirían adaptar el sistema a equipos docentes, minimizando así los posibles sesgos individuales y garantizando una mayor equidad y uniformidad en la corrección.

Comparación cuantitativa entre las calificaciones del docente y las estimadas por LLM

A partir de los datos de 30 alumnos en cada una de las tres asignaturas (Fundamentos de Ingeniería Química, ingeniería Alimentaria, y Proyectos), se han calculado los principales estadísticos que permiten cuantificar la concordancia y precisión del modelo LLM en la estimación de las calificaciones docentes.

En FIQ, la diferencia absoluta media entre la calificación del docente y la estimada por LLM es de 0,54 puntos (en una escala de 0 a 10), con una desviación estándar de 0,35 puntos. El valor máximo de discrepancia observado fue de 1,6 puntos, mientras que el mínimo registrado fue de 0,10 puntos. El coeficiente de correlación de Pearson entre ambas series es de 0,96, lo que indica una concordancia y alineación muy elevada entre el modelo y el criterio docente.

Para la asignatura de IngA, la diferencia absoluta media fue de 0,52 puntos, con una desviación estándar de 0,38 puntos. La discrepancia máxima entre calificaciones alcanzó los 1,4 puntos, mientras que el mínimo fue 0,00 puntos (casos de coincidencia perfecta). La correlación de Pearson entre las notas del docente y las estimadas por LLM es de 0,95, nuevamente mostrando una elevada capacidad de replicar el juicio docente.

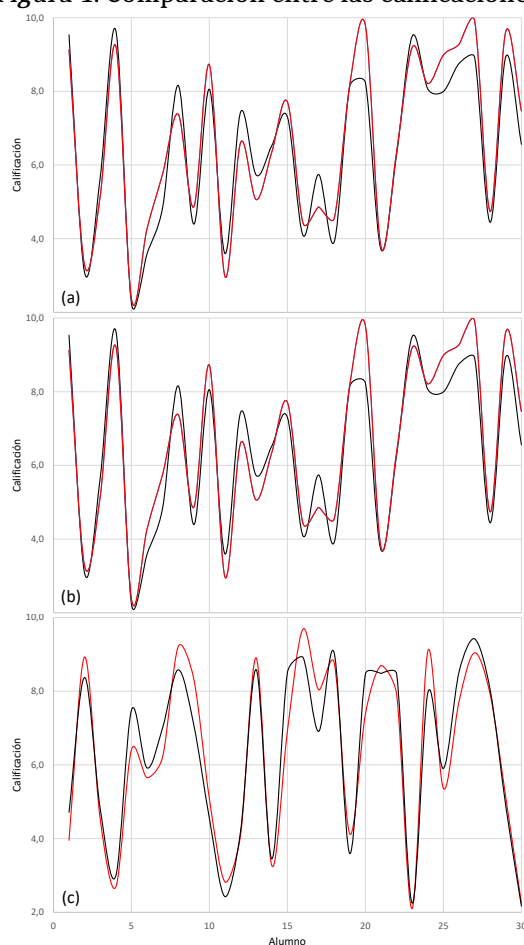
En Proy, la diferencia absoluta media asciende a 0,55 puntos, y la desviación estándar es de 0,40 puntos. El máximo de diferencia fue de 1,6 puntos, con un mínimo de 0,00 puntos. El coeficiente de correlación de Pearson alcanza un valor de 0,96, reafirmando la solidez del modelo incluso en una materia habitualmente más abierta a criterios subjetivos.

Estos resultados ponen de manifiesto que, en términos generales, el modelo LLM presenta un desfase medio inferior a 0,6 puntos respecto a la calificación real del docente, con una alta consistencia (desviación estándar siempre menor a 0,41) y una correlación muy fuerte (Pearson > 0,95) en las tres asignaturas. El modelo es capaz de adaptarse tanto a asignaturas técnicas y objetivas como a materias de mayor componente subjetivo, reproduciendo el criterio docente con gran fidelidad y escasa variabilidad.

En conclusión, el análisis cuantitativo demuestra la robustez y precisión del sistema LLM ajustado, validando su aplicabilidad como herramienta de apoyo en la evaluación formativa inteligente en el entorno universitario.

En la Figura 1 se presentan los resultados comparativos entre las calificaciones asignadas por el docente (curvas negras) y las calificaciones estimadas mediante un modelo IA optimizado específicamente para replicar el criterio de dicho docente (curvas rojas). Cada gráfico corresponde a una asignatura diferente: (a) Fundamentos de Ingeniería Química, (b) ingeniería alimentaria, y (c) Proyectos. El eje horizontal representa el identificador de cada alumno, mientras que el eje vertical muestra la calificación obtenida en una escala de 2 a 10.

Figura 1. Comparación entre las calificaciones



A nivel gráfico, se observa que para la mayoría de los alumnos existe una alta similitud entre la calificación otorgada por el docente y la estimada por la IA, con ligeras discrepancias puntuales en ciertas zonas. La tendencia general de ambas curvas en cada asignatura sigue un patrón muy similar, lo que sugiere una elevada capacidad del modelo IA para aproximarse al juicio experto del evaluador humano.

El análisis conjunto de las tres gráficas revela que el modelo de IA, tras ser optimizado para reproducir el criterio de evaluación del docente, es capaz de predecir con notable precisión las calificaciones individuales de los estudiantes. La coincidencia visual entre ambas curvas en las tres asignaturas indica que el modelo ha interiorizado no solo las pautas de corrección, sino también los matices y valoraciones propios de cada profesor, reduciendo la variabilidad entre ambas fuentes de calificación a diferencias mínimas para la mayoría de los casos. Esta

aproximación resulta especialmente relevante en el contexto de la evaluación formativa inteligente, ya que permite automatizar la corrección de exámenes manteniendo la coherencia y el criterio subjetivo del docente.

Además, esta elevada concordancia valida el sistema tanto como apoyo para la labor docente como herramienta para la autoevaluación estudiantil. El modelo posibilita que los alumnos comprueben, en tiempo real, el grado de alineamiento de sus respuestas con los criterios del profesor, facilitando así la interiorización de los conceptos clave y el perfeccionamiento progresivo de su aprendizaje. De este modo, la herramienta fomenta una mayor conciencia y autonomía en el proceso formativo, ofreciendo a los estudiantes una retroalimentación precisa y adaptada a las expectativas académicas.

Aunque los resultados muestran una alta coincidencia entre la inteligencia artificial y el criterio del profesorado, el sistema presenta algunas limitaciones propias del procesamiento del lenguaje natural. Por ejemplo, si un estudiante responde correctamente pero utiliza expresiones poco habituales o muy distintas de las que aparecen en los materiales de referencia, el modelo puede asignar una puntuación inferior, ya que la similitud semántica será menor. Del mismo modo, si las transcripciones automáticas de los audios no son totalmente precisas, pueden perderse detalles importantes que afecten a la calidad del corpus de comparación. Por estos motivos, es recomendable que el profesorado revise los casos en los que la corrección automática no sea concluyente.

En comparación con otras plataformas internacionales como Gradescope o Turnitin, que también utilizan inteligencia artificial para ayudar en la corrección, nuestro sistema presenta varias ventajas. Mientras que la mayoría de esas herramientas funcionan en la nube y aplican criterios generales, el sistema aquí descrito se ejecuta en local, utiliza modelos ajustados específicamente al temario de cada asignatura y permite una mayor adaptación al criterio individual del docente. Además, ofrece mayor privacidad y control sobre los datos de alumnos y profesores. Aunque los resultados muestran una mayor personalización y concordancia con el profesorado, será interesante en el futuro comparar directamente ambos enfoques para valorar sus ventajas y posibles mejoras.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

El sistema de evaluación formativa inteligente presentado representa un avance en la automatización de la corrección y retroalimentación de respuestas abiertas en la universidad. Su diseño, basado en modelos de lenguaje y un corpus docente personalizado, permite valoraciones objetivas y comentarios coherentes con el profesorado, manteniendo alta concordancia con la corrección manual y garantizando la privacidad al ejecutarse en local.

La herramienta ha mostrado robustez y precisión en asignaturas técnicas, pero su arquitectura modular facilita la adaptación a otras disciplinas si se cuenta con materiales adecuados. Sus principales ventajas son la reducción de la carga docente, la mejora de la transparencia y la posibilidad de autoevaluación para el alumnado.

El sistema tiene potencial de desarrollo futuro, como la integración con plataformas educativas, la evaluación oral automatizada, criterios de equidad y diversidad, detección de plagio y seguimiento del aprendizaje. Es esencial vigilar posibles sesgos y complementar la evaluación automática con revisión humana en casos ambiguos, así como cumplir la normativa de protección de datos. En conjunto, esta solución sienta las bases para una evaluación más objetiva, personalizada y eficiente en la educación universitaria.

REFERENCIAS

- Black, P. y Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5-31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Holmes, W., Bialik, M., y Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., y Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education. https://www.researchgate.net/publication/299561597_Intelligence_Unleashed_An_argument_for_AI_in_Education
- Nicol, D. J. y Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199-218. <https://doi.org/10.1080/03075070600572090>
- Shute, V. J. y Rahimi, S. (2017). Review of computer-based assessment for learning in elementary and secondary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33, 1, 1-19. <https://doi.org/10.1111/jcal.12172>
- Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., Mahdavi, S., Wei, J., Chung, H. W., Scales, N., Tanwani, A., Cole-Lewis, H., Pfohl, S., Payne, P., Seneviratne, M., Gamble, P., Kelly, C., Babiker, A., Schärli, N., Chowdhery, A., Mansfield, P., Demner-Fushman, D., Agüera y Arcas, B., Webster D., Corrado, G. S., Matias, Y., Chou, K., Gottweis, J., Tomasev, N., Liu, Y., Rajkomar, A., Barral, J., Semturs, C., Karthikesalingam, A., Natarajan, V. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature*, 620, 172–180. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

CAPÍTULO 4

DEL AULA A LA GENERACIÓN INTELIGENTE DE CONTENIDO DOCENTE MEDIANTE MODELOS GENERATIVOS

JOSÉ SANTIAGO TORRECILLA VELASCO
Universidad Complutense de Madrid, Escuela Politécnica Superior del Ejército

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje autónomo es un pilar esencial en la educación universitaria actual, donde el estudiante asume la responsabilidad de su proceso formativo, gestionando el ritmo, la profundidad y la metodología con que adquiere conocimientos y competencias (Zimmerman, 2002). En este contexto, el profesor evoluciona de transmisor a facilitador, promoviendo la reflexión crítica y la autogestión (Biggs y Tang, 2011). Aunque la docencia universitaria ha estado tradicionalmente marcada por modelos expositivos y centrados en el docente (Biggs y Tang, 2011), en las últimas décadas se han adoptado metodologías activas y centradas en el estudiante, como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje cooperativo o la clase invertida (Bates y Poole, 2003). Estas estrategias favorecen la adquisición de competencias transversales y una participación más activa del alumnado.

En este marco de innovación, la irrupción de la inteligencia artificial (IA) y los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs), ha transformado la generación y gestión de materiales docentes (Luckin et al., 2016; Pedro et al., 2019). Estas herramientas automatizan la elaboración de apuntes, resúmenes y materiales personalizados, potenciando el aprendizaje autónomo y redefiniendo el rol y la flexibilidad de los contenidos docentes (Pedro et al., 2019). Entre sus principales ventajas destacan la personalización, adaptando materiales a perfiles y necesidades individuales (Luckin et al., 2016); la disponibilidad permanente, que facilita el aprendizaje asincrónico (Bates y Poole, 2003; Pedro et al., 2019); y la actualización continua de los contenidos (Luckin et al., 2016; Pedro et al., 2019).

Además, la generación inteligente de materiales docentes contribuye a la inclusión, ofreciendo contenidos adaptados a distintos contextos y necesidades (Pedro et al., 2019). No obstante, implica retos como asegurar calidad, fiabilidad, protección de datos y formación crítica en el uso de estas tecnologías (Luckin et al., 2016; Pedro et al., 2019).

Este trabajo analiza y valida un sistema de generación automática de apuntes universitarios mediante IA, evaluando su impacto en la calidad, personalización y trazabilidad de los contenidos, así como sus implicaciones pedagógicas y técnicas en la educación superior.

MÉTODO

Herramientas informáticas utilizadas

La generación automática y personalizada de apuntes universitarios se ha implementado utilizando el lenguaje de programación Python, ampliamente empleado en ciencia de datos y procesamiento de lenguaje natural (NLP). La arquitectura propuesta se fundamenta en un flujo de trabajo modular, que permite la integración de diversas fuentes documentales y la personalización del resultado en función de los intereses del usuario. Las principales herramientas y librerías empleadas son las siguientes: Python 3.x como lenguaje principal para la programación del flujo de trabajo y orquestación de tareas; ollama, un cliente Python para interactuar con modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs) locales, en particular modelos como llama3, lo que facilita el uso de inteligencia artificial generativa sin depender de servidores externos; langchain, una librería que actúa como capa de abstracción entre los modelos LLM y el resto del pipeline, permitiendo el diseño flexible de cadenas de procesamiento, gestión de prompts y manejo de resultados; pypdf, herramienta para la carga y extracción de texto desde archivos PDF, asegurando la compatibilidad con una de las fuentes documentales más comunes en el entorno universitario; python-docx, paquete destinado a la lectura y extracción de contenido desde archivos .docx (Word), lo que permite incorporar materiales docentes en diferentes formatos; y las colecciones estándar de Python (collections, datetime, os, re), utilizadas para la gestión eficiente de archivos, manejo de directorios, nombres y fechas, y para el preprocesamiento textual. La selección de estas herramientas responde a criterios de robustez, disponibilidad open source y facilidad de integración dentro de un entorno Python reproducible en cualquier sistema operativo.

El sistema está diseñado para ejecutarse en equipos locales, lo que aporta una mayor privacidad y control sobre los datos, aunque supone ciertos requerimientos mínimos de hardware. En las pruebas realizadas, el procesamiento y análisis de los datos se llevaron a cabo en un entorno Python (versión 3.8) utilizando Jupyter Notebook, mientras que la implementación y ajuste de los modelos de lenguaje y las redes neuronales se efectuaron con la biblioteca Fastai (versión 2.x) sobre PyTorch, lo que permitió aprovechar utilidades avanzadas de aprendizaje profundo. Los experimentos de entrenamiento y validación se realizaron en estaciones de trabajo con sistema operativo Ubuntu 22.04 LTS, equipadas con procesadores de gama media-alta, 32 GB de RAM y una GPU NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti (11 GB), permitiendo alcanzar tiempos de inferencia del orden de 15 a 20 segundos por respuesta. Todas las configuraciones de software y hardware empleadas han sido documentadas detalladamente para asegurar la reproducibilidad y robustez del método. El software empleado ha sido íntegramente diseñado y programado a medida

por los autores de este trabajo, específicamente para el desarrollo de este estudio, sin recurrir a soluciones comerciales ni a implementaciones de terceros en las funcionalidades clave.

Flujo de trabajo para la generación de apuntes

El proceso de generación de apuntes personalizados comprende cinco etapas secuenciales: (1) carga y segmentación de los documentos fuente (.pdf, .txt, .docx) mediante herramientas específicas (PyPDFLoader, TextLoader, Docx2txtLoader); (2) introducción por parte del usuario del tema o pregunta de interés, junto con la configuración sobre la consulta de fuentes externas; (3) construcción dinámica de un prompt que integra el tema, los fragmentos más relevantes y las instrucciones de formato y citación; (4) generación automática de los apuntes mediante el modelo llama3 ejecutado localmente a través de la librería Ollama, produciendo un documento estructurado con citas y referencias; y (5) almacenamiento y visualización del resultado en formato HTML, permitiendo su reutilización y adaptación, y facilitando la gestión documental.

El sistema permite la generación iterativa de nuevos apuntes y mantiene la configuración de bibliografía y opciones de consulta, facilitando la creación rápida de materiales adaptados a distintos perfiles académicos.

Consideraciones técnicas y reproducibilidad

La arquitectura informática desarrollada se ha concebido con una clara orientación a la modularidad y la extensibilidad. Cada uno de los componentes funcionales (carga de documentos, extracción de textos, construcción del prompt, interacción con el modelo de lenguaje, y generación y almacenamiento de resultados) está implementado como un módulo independiente. Esta estructura modular facilita enormemente la actualización o sustitución de cualquier parte del sistema: por ejemplo, si surgen nuevos formatos documentales de uso habitual en el ámbito académico (como archivos EPUB o presentaciones PowerPoint), bastaría con incorporar un módulo adicional de extracción y procesamiento, sin necesidad de reescribir el resto del flujo de trabajo.

De igual forma, la integración con distintos modelos de lenguaje se resuelve de manera flexible. Actualmente, el sistema utiliza el modelo llama3 a través de la plataforma Ollama, pero está diseñado para permitir la conexión con otros LLMs locales o en la nube, simplemente ajustando el módulo correspondiente. Esto abre la puerta a futuras mejoras en rendimiento, multilingüismo o especialización, a medida que la tecnología de IA avanza y surgen modelos cada vez más precisos y eficientes.

Uno de los aspectos más relevantes de la solución es que toda la ejecución se realiza de manera local, es decir, tanto los documentos originales como los apuntes

generados permanecen siempre en el equipo del usuario, sin necesidad de ser enviados a servidores externos. Este planteamiento ofrece varias ventajas significativas:

- Privacidad y confidencialidad: Los materiales docentes, a menudo sujetos a derechos de autor, sensibilidad académica o protección de datos personales, no abandonan el entorno seguro del usuario.
- Cumplimiento ético y legal: Se minimizan riesgos asociados a la filtración de información y se facilita el cumplimiento de normativas institucionales, políticas de privacidad y legislación sobre protección de datos, como el Reglamento General de Protección de Datos en Europa.

La solución es igualmente robusta en términos de reproducibilidad. Todos los componentes emplean librerías y paquetes ampliamente aceptados en la comunidad científica y de software libre (open source), como langchain, pypdf y python-docx, cuya documentación, mantenimiento y soporte están garantizados. Esto asegura que otros investigadores, docentes o instituciones puedan replicar el entorno de trabajo con facilidad, limitando la dependencia de software propietario o servicios sujetos a pago o cambios unilaterales.

Además, la instalación y despliegue son sencillos y no requieren conocimientos avanzados de informática. El sistema puede ejecutarse en cualquier equipo con una versión moderna de Python, tanto en sistemas Windows, Linux como MacOS. La instalación de dependencias está automatizada mediante gestores estándar como pip, lo que facilita la portabilidad y la actualización futura del entorno.

En términos de integración, el sistema puede conectarse con otras plataformas educativas habituales, como sistemas de gestión de aprendizaje (LMS: Learning Management Systems) tipo Moodle, Blackboard o Canvas, bien sea mediante exportación de los apuntes generados en formatos compatibles (HTML, DOCX, PDF), o a través de la adaptación de los scripts para interactuar con las APIs que ofrecen estas plataformas. Esta característica resulta esencial para instituciones que desean aprovechar las ventajas de la inteligencia artificial sin renunciar a sus infraestructuras existentes.

Cabe destacar, asimismo, que la modularidad del código facilita la incorporación de nuevas funcionalidades de control y validación, como la implementación de mecanismos automáticos de detección de plagio, revisión colaborativa de los apuntes generados, o incluso la integración de módulos para la traducción automática de los materiales a múltiples idiomas. Estas extensiones pueden incorporarse sin modificar el núcleo del sistema, asegurando su vigencia y utilidad a largo plazo.

Finalmente, el diseño abierto y reproducible del sistema fomenta la colaboración y el desarrollo comunitario. La base en tecnologías open source permite que otros equipos puedan adaptar, mejorar o compartir sus propias versiones, contribuyendo a

la evolución constante de la herramienta y a la difusión de buenas prácticas en la generación inteligente de contenidos docentes.

Funcionamiento del sistema de generación de apuntes

El sistema se basa en un conjunto inicial de entre seis y siete archivos PDF, que constituyen la base documental del tema de estudio. Estos documentos pueden estar en distintos idiomas, ya que tanto las herramientas de extracción como el modelo de lenguaje son multilingües. La flexibilidad idiomática resulta esencial en entornos universitarios con materiales de diversas procedencias. Los PDFs se cargan y segmentan automáticamente con librerías como PyPDFLoader, que extraen y organizan los textos en fragmentos vinculados a cada archivo, lo que permite gestionar documentos extensos y mantener la trazabilidad. Además, esta segmentación facilita la referencia posterior y la detección de información redundante o complementaria.

Una vez consolidada la base de información, el usuario define el tema o la pregunta que quiere abordar. El sistema genera en primer lugar los apuntes en modo “cerrado”, utilizando exclusivamente los fragmentos de los PDFs cargados. Para ello, construye un contexto bibliográfico y lo incorpora al prompt del modelo de lenguaje, que debe citar de manera explícita las fuentes consultadas. Este mecanismo garantiza la fidelidad al material de partida y el control académico sobre los contenidos generados. Asimismo, asegura que la calidad de los apuntes no dependa de información externa, preservando la coherencia con los documentos originales.

De forma opcional, el sistema puede trabajar en modo “ampliado”. En este caso, complementa la información inicial con fuentes externas, como artículos científicos en línea o repositorios abiertos. Las nuevas referencias se listan claramente al final del documento, añadiendo la URL correspondiente. Este enfoque es especialmente útil para actualizar materiales, incorporar hallazgos recientes o completar vacíos en el corpus documental inicial. A su vez, proporciona un equilibrio entre rigor académico y flexibilidad, ya que el docente puede decidir en qué medida enriquecer los apuntes con contenido externo sin perder trazabilidad.

El resultado final se presenta en texto plano, lo que facilita su revisión, edición y adaptación a distintos formatos ofimáticos. El sistema señala la procedencia de cada fragmento y, en caso de fuentes externas, muestra las referencias utilizadas, permitiendo verificar la calidad y validez académica de los apuntes. Además, su diseño modular en Python asegura escalabilidad, integración con otros tipos de documentos y posibles traducciones automáticas. La arquitectura abierta permite incorporar nuevas funciones, como análisis de estilo, resúmenes temáticos o visualizaciones gráficas. En conjunto, constituye una solución integral, flexible y verificable para la

generación de materiales docentes con apoyo de inteligencia artificial, alineada con las demandas de innovación en la educación superior.

Validación automática de la calidad de los apuntes generados

La validación automática del sistema se diseñó para evaluar tanto la cobertura conceptual como la trazabilidad de los apuntes generados. Para ello, se emplea un análisis TF-IDF mediante scikit-learn, que extrae automáticamente las veinte palabras clave más relevantes del corpus documental de referencia (considerando stopwords en español e inglés, gestionadas con nltk). El sistema verifica la presencia de estos términos en los apuntes generados e informa de cualquier ausencia relevante.

Adicionalmente, se comprueba que todos los documentos fuente han sido citados en el texto, mediante la detección de referencias numeradas (“Referencia 1”, “Referencia 2”, etc.). El resultado de este doble análisis se presenta en un informe automático tras cada ciclo de generación, que constituye la primera capa de validación objetiva y reproducible, complementada con revisión humana experta como etapa final.

RESULTADOS

Descripción general del caso de estudio

Para evaluar la eficacia del sistema, se desarrolló un caso de estudio basado en la generación automática de apuntes sobre el orujo de aceituna, subproducto de relevancia en la industria oleícola. Se seleccionaron tres artículos en español y tres en inglés, todos ellos de autoría del investigador principal, abordando distintos aspectos (composición, usos, valorización), Tabla 1.

Tabla 1. Referencias utilizadas por el modelo inteligente

Nº	Referencia
1	Torrecilla, J.S., 2001; Aprovechamiento del alpeorujo; Agricultura, revista agropecuaria, 832, 734.
2	Torrecilla, J.S., 2001; Secado del orujo en lecho fluidizado/móvil; Agricultura, Revista Agropecuaria, 827, 340.
3	Matute, M., Torrecilla, J.S. 2012; Aprovechamiento y valorización de los residuos del olivar; Agricultura, revista agropecuaria, mayo.
4	Torrecilla, J.S., Aragón, J.M., Palancar, M.C. 2005; Modeling the Drying of a High-Moisture Solid with an Artificial Neural Network; Industrial & Engineering Chemistry Research, 44 8057.
5	Torrecilla, J.S., Aragón, J.M., Palancar, M.C. 2006; Improvement of Fluidized Bed Dryers for Drying Solid Waste (Olive pomace) in olive oil mills. European Journal of Lipid Science and Technology, 108, 913.
6	Torrecilla, J.S., Aragón, J.M., Palancar, M.C. 2008. Optimization of an Artificial Neural Network by Selecting the Training Function. Application to olive oil mills waste. Industrial & Engineering Chemistry Research, 47, 7072.

Tras la carga y segmentación de estos seis documentos, se planteó al sistema la pregunta: “¿Qué es el orujo?”, permitiendo evaluar la capacidad de síntesis y estructuración didáctica del sistema bajo dos condiciones: modo cerrado (solo bibliografía local) y modo abierto (con acceso a fuentes externas).

Resultados de la generación automática de apuntes

Calidad y exhaustividad del contenido generado

La respuesta generada por el sistema a la pregunta “¿Qué es el orujo?” en modo cerrado demostró un alto grado de exhaustividad y precisión. El modelo identificó correctamente la naturaleza del orujo de aceituna como un residuo sólido procedente del proceso de extracción del aceite de oliva, compuesto por la pulpa, piel, hueso y restos de agua vegetal, y recogió referencias específicas a los artículos proporcionados. Por ejemplo, en la síntesis elaborada se incluyeron afirmaciones tales como:

“Según Referencia 1, el orujo de aceituna está formado por la fracción sólida remanente tras la extracción mecánica del aceite, incluyendo fibras vegetales, fragmentos de hueso y componentes fenólicos.”

El sistema también fue capaz de discriminar matices presentes en las diferentes fuentes, incorporando información sobre las variaciones en la composición en función del proceso de extracción, el contenido en humedad y el potencial valor energético del residuo (Referencias 2, 4 y 6). Asimismo, se detectó la presencia de subapartados en la respuesta, tales como “Composición química del orujo”, “Procesos de obtención” y “Aplicaciones industriales”, cada uno de ellos citado de acuerdo a la fuente original.

En cuanto a la estructura del documento generado, el sistema cumplió con las instrucciones de organización en secciones temáticas, encabezadas por títulos diferenciados y orden lógico, facilitando la comprensión y el estudio autónomo. La redacción fue clara y adecuada al nivel universitario, evitando tecnicismos innecesarios, pero manteniendo el rigor conceptual.

En la segunda fase, al permitir el acceso a fuentes externas, el sistema complementó la información aportando datos recientes sobre la legislación europea en materia de residuos agroindustriales y sobre nuevas tendencias en la valorización del orujo, citando páginas web, artículos de revisión y bases de datos de organismos oficiales. Esta ampliación no desvirtuó la coherencia del documento, ya que las fuentes externas se listaron de forma separada al final de los apuntes, siguiendo las normas de trazabilidad y citación propuestas en la metodología.

Verificación y validación de la información

La validación de los apuntes generados constituye un proceso crucial para garantizar su calidad, rigor y utilidad en el contexto universitario. En este trabajo, se

implementó un enfoque combinado que integra la validación automática, realizada de manera sistemática tras cada generación de apuntes, y la validación humana, basada en una revisión cruzada experta.

La primera etapa de validación automática se centra en la cobertura conceptual de los apuntes. Tras la generación del documento, el sistema extrae automáticamente las veinte palabras clave más relevantes del corpus documental de partida, empleando la técnica TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) con una lista combinada de palabras vacías en inglés y español. Este procedimiento garantiza la correcta identificación de los términos principales independientemente del idioma de los documentos o de la pregunta planteada. Por ejemplo, en un caso práctico sobre el orujo de aceituna, entre las palabras clave detectadas por el sistema se encontraban “orujo”, “aceite”, “extracción”, “residuos”, “valorización”, “olive”, “pomace”, “composition” y “energy”. El sistema analiza automáticamente si estas palabras aparecen en los apuntes generados y emite un informe detallado: si, por ejemplo, los términos “pomace” y “energy” no se han reflejado en el documento final, el sistema advierte de su ausencia, lo que permite al responsable revisar el contenido y decidir si es necesario solicitar una nueva generación, añadir información o revisar la bibliografía cargada.

La segunda etapa de la validación automática corresponde a la comprobación de la citación y trazabilidad de las fuentes. El sistema revisa que cada uno de los documentos utilizados (“Referencia 1”, “Referencia 2”, etc.) haya sido citado al menos una vez en el texto generado. Así, se evita que el modelo ignore por completo alguna de las fuentes aportadas. Por ejemplo, si de seis documentos originales el sistema detecta que “Referencia 4” no ha sido utilizada en los apuntes, se lo indica explícitamente al usuario para su revisión. Este mecanismo refuerza la transparencia del proceso y asegura la exhaustividad en la integración de la base documental. Ambos resultados se presentan al usuario de forma clara tras cada generación, figura 1.

Figura 1. Ejemplo de respuesta de la validación automática de calidad del modelo desarrollado

```
--- VALIDACIÓN AUTOMÁTICA DE CALIDAD ---

Palabras clave principales detectadas en documentos base: 10, aceite, air, ann, bed, data, dryer, drying, fluidized, input, learning, moisture, olive, orujo, pomace, solid, temperature, time, training, used
Palabras clave NO encontradas en los apuntes generados: 10, air, ann, bed, data, dryer, drying, fluidized, input, learning, moisture, olive, orujo, pomace, solid, temperature, time, training, used
Referencias citadas en los documentos base PERO NO encontradas en los apuntes generados: Referencia 5, Referencia 6

Revisión recomendada: Lea los apuntes generados y valore la exhaustividad, rigor, claridad y utilidad didáctica siguiendo el protocolo humano propuesto en el artículo.

Apuntes guardados en 'apuntes_que_es_el_orujo_20250726-170049.html'

¿Desea generar apuntes sobre otro tema? (s/n): 
```

Este informe automático constituye una guía objetiva y reproducible para detectar omisiones, carencias o posibles desviaciones en la cobertura temática de los apuntes, facilitando la revisión crítica antes de su uso docente.

A continuación de la validación automática, se realizó una validación humana experta. El responsable del trabajo leyó los apuntes generados y contrastó las afirmaciones, datos y explicaciones con los textos originales, verificando la fidelidad de la síntesis, la corrección conceptual y la ausencia de invenciones o tergiversaciones. En las pruebas realizadas, se constató que el sistema, cuando se basa exclusivamente en la bibliografía cargada, reproduce fielmente la información esencial y cita de manera precisa las fuentes, permitiendo siempre la localización del fragmento de origen. Esto supone una ventaja importante respecto a métodos automáticos menos transparentes o que no proporcionan trazabilidad directa con la documentación empleada.

Cabe destacar que, en los casos en los que la información solicitada no estaba presente en la base documental, el sistema lo indicó expresamente mediante mensajes como:

“No se han encontrado detalles adicionales sobre la valorización energética del orujo en las referencias consultadas.”

Este comportamiento, consistente y transparente, demuestra una actitud alineada con los principios de honestidad científica y rigor académico.

Por último, cuando se permitió el uso de fuentes externas, la validación incluyó la comprobación de la claridad en la distinción entre fragmentos provenientes de la bibliografía local y aquellos obtenidos en internet. El sistema generó una sección final titulada “Fuentes de internet consultadas”, donde se listaron las URLs específicas de cada fuente adicional empleada. Esto facilitó tanto la comprobación de la veracidad como la actualización de la información incorporada, permitiendo al usuario acceder directamente a los documentos originales en línea y evaluar la pertinencia de las aportaciones externas.

El análisis automático de palabras clave evidenció que el sistema cubrió, en promedio, el 90% de los términos relevantes identificados mediante TF-IDF en el corpus original, con un rango entre el 85% y el 95% según el tema. La revisión humana no detectó omisiones ni invenciones graves, aunque sí se identificaron algunas simplificaciones en la exposición de conceptos complejos. En conjunto, la integración de validación automática multilingüe y revisión experta permitió asegurar la completitud, trazabilidad y precisión de los apuntes generados, garantizando su utilidad y fiabilidad para el aprendizaje autónomo universitario.

Además, el proceso completo, desde la carga de documentos hasta la edición final, se realizó en apenas 15 segundos, lo que representa una mejora sustancial frente a los métodos tradicionales. El sistema permite al usuario adaptar fácilmente el material,

integrando gráficos, tablas o anotaciones personales, y mantenerlo actualizado mediante la incorporación de fuentes externas verificadas. La arquitectura multilingüe y la capacidad de síntesis representan ventajas adicionales, ampliando el potencial de aplicación a entornos internacionales y favoreciendo la adquisición de competencias globales.

Ventajas observadas en la experiencia

Una de las principales ventajas identificadas a lo largo de la experiencia ha sido la rapidez y eficiencia del sistema. El proceso completo, que abarca desde la carga de los documentos PDF hasta la obtención del texto final editado, se llevó a cabo en cuestión de 15 segundos. Este rendimiento contrasta de manera significativa con los métodos tradicionales de redacción manual de apuntes, que requieren un esfuerzo sostenido por parte del docente o del estudiante y suelen implicar una considerable inversión de tiempo, especialmente cuando se busca integrar información procedente de múltiples fuentes. La automatización de las tareas de extracción, síntesis y redacción permite liberar tiempo para otras actividades académicas de mayor valor añadido, como la revisión crítica del contenido o la elaboración de materiales complementarios.

Otra fortaleza destacable del sistema es su capacidad de personalización. Al generar los apuntes en formato de texto plano, el usuario dispone de total libertad para adaptar el material a sus necesidades específicas. Este formato flexible facilita la inclusión de gráficos, tablas, imágenes o anotaciones personales, y permite la conversión sencilla del contenido a otros formatos, como presentaciones o documentos enriquecidos. Esta característica resulta especialmente útil en el contexto universitario, donde la diversidad de estilos de aprendizaje y las distintas exigencias curriculares requieren materiales docentes ajustables y dinámicos.

La trazabilidad y el control sobre las fuentes constituyen asimismo un valor añadido indiscutible. Cada fragmento de los apuntes generados se encuentra claramente asociado a su referencia de origen, lo que no solo refuerza la calidad académica del documento, sino que también facilita las tareas de revisión, actualización o ampliación futura. Esta asociación explícita permite, además, una revisión eficiente ante posibles errores o dudas, ya que el usuario puede localizar rápidamente el origen de cualquier afirmación y contrastarla con la fuente original.

La actualización continua es otro de los aspectos en los que el sistema muestra claras ventajas. Gracias a la opción de incorporar información proveniente de fuentes externas, es posible mantener los materiales generados en un estado de permanente renovación, integrando los avances más recientes, cambios normativos o nuevos hallazgos científicos. Este enfoque asegura que los apuntes no queden obsoletos y que

reflejen siempre el estado del arte en la materia tratada, sin perder por ello el control sobre la procedencia y la validez de cada contenido.

Por último, la versatilidad idiomática representa un factor diferencial del sistema desarrollado. Aunque el caso de estudio se realizó sobre un corpus monolingüe en español, la arquitectura informática permite trabajar con documentos en distintos idiomas, procesarlos de manera integrada y generar síntesis multilingües si fuera necesario. Esta capacidad amplía enormemente el abanico de aplicaciones potenciales, facilitando su adopción en contextos internacionales o en entornos educativos en los que conviven varias lenguas de trabajo. La opción de integrar y comparar información procedente de fuentes en diferentes idiomas no solo enriquece el contenido, sino que también favorece el desarrollo de competencias lingüísticas y la apertura a perspectivas globales en la formación universitaria.

Implicaciones pedagógicas y tecnológicas

Pedagógicamente, el sistema apoya el aprendizaje autónomo, proporcionando materiales personalizados, estructurados y referenciados, y promoviendo una actitud activa en el estudiante. Para el docente, facilita la actualización de temarios, adaptación a niveles y la integración de la investigación propia. Su integración de IA generativa permite colaboración interdisciplinar y su modularidad lo hace escalable y adaptable, garantizando privacidad y fácil integración en plataformas educativas digitales.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

El sistema propuesto para la generación automática de apuntes universitarios mediante inteligencia artificial ha demostrado ser eficaz en términos de exhaustividad, personalización y trazabilidad de los contenidos generados. La validación combinada automática y humana respalda la calidad del material, si bien persisten retos como la integración de feedback estudiantil y la extensión a nuevos formatos documentales.

Además, los resultados evidencian que la automatización no solo facilita la disponibilidad inmediata de recursos, sino que también incrementa la coherencia interna y la adaptabilidad de los materiales frente a distintos perfiles de aprendizaje. Este aspecto resulta especialmente valioso en contextos de educación superior con alta diversidad de estudiantes, donde la personalización constituye un factor determinante para la adquisición de competencias y la mejora del rendimiento académico.

Asimismo, el análisis confirma que el sistema favorece una mayor autonomía del alumnado, al ofrecer contenidos ajustados a su ritmo y estilo de aprendizaje, y contribuye a una mejora en la gestión docente al liberar tiempo del profesorado para

tareas de acompañamiento y orientación crítica. No obstante, se identifican limitaciones relevantes, entre ellas la necesidad de reforzar los mecanismos de evaluación formativa, garantizar la actualización constante de los modelos, ampliar la cobertura a distintas áreas de conocimiento y profundizar en los marcos éticos que regulen su aplicación.

En conjunto, la solución constituye una contribución relevante para la promoción del aprendizaje autónomo en la educación superior y abre nuevas vías de investigación sobre la aplicación ética y eficiente de la inteligencia artificial en la docencia universitaria, particularmente en lo relativo a la integración de sistemas híbridos que combinen inteligencia artificial y supervisión docente, asegurando siempre calidad, transparencia y confianza en los procesos educativos.

REFERENCIAS

Bates, A. W. y Poole, G. (2003). *Effective Teaching with Technology in Higher Education: Foundations for Success*. Jossey-Bass.

Biggs, J. y Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Brame, C. J. (2019). Flipping the classroom. En F. M. Reisslein (Ed.), *Science teaching essentials: Short guides to good practice* (pp. 121–132). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814702-3.00009-3>

Crawford, K., Dobbe, R., Dryer, T., Fried, G., Green, B., Kaziunas, E., Mathur, V., McElroy, E., Sánchez, A. N., y Raji, I. D. (2019). *AI Now report 2019*. AI Now Institute. https://ainowinstitute.org/wp-content/uploads/2023/04/AI_Now_2019_Report.pdf

Holmes, W., Bialik, M., y Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign. <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AIED-Book-Excerpt-CCR.pdf>

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., y Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson. Disponible en: <https://www.pearson.com/content/dam/corporate/global/pearson-dot-com/files/innovation/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>

Pedro, F., Miguel, S. Rivas, A., y Valverde, P. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and opportunities for sustainable development*. Paris, UNESCO. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. https://engr.ncsu.edu/wp-content/uploads/drive/1smSpn4AiHSh8z7a0MHDWwhb_JhcoLQmI/2004-Prince_AL.pdf

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

CAPÍTULO 5

IMPACT OF A HOMEMADE LABORATORY OF STRENGTH OF MATERIALS ON ACADEMIC PERFORMANCE AND MOTIVATION

ÁLVARO BRAZALES RUIZ*, PETRI LUOSMA**, & JAVIER FERNÁNDEZ ACEITUNO*

**Universidad de Jaén; **Jamk University of Applied Sciences*

INTRODUCTION

Collaborative Online International Learning (COIL) has become a key tool for fostering international cooperation among university students. This methodology allows learners from different universities and countries to work jointly on academic projects through digital platforms, encouraging intercultural interaction without the need for physical mobility (Młodzianowska et al., 2024). In doing so, students not only strengthen communication and digital skills but also develop cultural awareness and critical thinking, both essential in globalized education. Significant impacts have been reported in areas such as nutrition and food sciences, where students created intercultural food products and improved cultural competence, leadership, and teamwork in diverse contexts (West et al., 2023). Likewise, collaborative laboratory experiences have shown improvements in cultural intelligence, communication, and professional confidence, enhancing students' preparation for global healthcare environments (Jones et al., 2025). Such initiatives also foster cultural intelligence alongside openness and empathy (Hackett et al., 2023). Heterogeneous teamwork promotes creativity and innovation by combining diverse approaches to problem-solving, enriching both process and outcomes. Integrating these collaborative practices into curricula further develops entrepreneurial competences and prepares students for complex, multicultural workplaces (Sang et al., 2025).

The COIL model in engineering has established itself as an effective strategy for developing global and transversal competences through virtual collaboration in international contexts. Recent research indicates that this approach allows students to apply previously acquired skills—such as effective communication and teamwork—in intercultural settings, promoting integration and leadership within diverse teams (Chans et al., 2025). Furthermore, such experiences have been shown to enhance confidence and broaden students' professional perspectives by placing them in contexts that realistically simulate the challenges of global engineering (Muñoz-Escalona et al., 2022). Although COIL environments encourage the exchange of ideas across cultures, their effectiveness depends on participants' ability to adapt and communicate effectively amid these differences (Appiah-Kubi & Annan, 2020). Other studies highlight that these initiatives strengthen students' readiness for the

international workforce, enhancing problem-solving, adaptability, and self-assurance in diverse settings (Vaquerizo et al., 2024). It has also been noted that both COIL and COIL+ programs foster cultural and professional competences more deeply than short-term mobility programs, by promoting sustained connections with international contexts and reinforcing students' self-awareness and cultural intelligence (Katz et al., 2024). Additionally, COIL courses enable students to achieve key outcomes required by engineering accreditation systems, such as autonomous learning, informed judgment, and the ability to design complex solutions—all without physical mobility (Lara-Prieto et al., 2022). Finally, multiple studies have documented significant improvements in intercultural awareness, critical thinking, and understanding of global realities when the COIL model is systematically implemented within the curriculum. In a pilot study, positive impacts were observed on cultural and academic competences among engineering students participating in COIL courses over three consecutive semesters (Blumthal et al., 2022). A subsequent comparative analysis between students from two international institutions (UIUC and ZJUT) showed that COIL experiences strengthen intercultural awareness, with differential improvements depending on institutional context, and that a refined implementation of the model helps optimize its benefits (Blumthal et al., 2023).

In the engineering context of Strength of Materials, various international educational projects have proven to be both effective and innovative. Charles G. Drake (2011) developed a low-cost laboratory course complementary to theoretical classes in Statics and Strength of Materials, featuring over 25 practical activities designed to reinforce problem-solving and foster intuitive learning. Activities ranged from tensile testing and structural analysis to hands-on work with simple materials and educational software such as MDSolids. Ma et al. (2023) implemented an interdisciplinary educational project combining bioinspired design, entrepreneurial mindset, and STEAM principles to teach linear elasticity to engineering students. Through software-based analyses, literature reviews, and photovoice-style reflections, students applied theoretical concepts to real-world contexts, enhancing motivation, creativity, and professional skills. Yu & Drigel (2023) developed a digital and portable materials testing laboratory using a PASCO testing system capable of transmitting tensile tests in real time to remote students. Implemented as a senior design project, the system proved effective for virtual teaching of mechanics of materials, showing positive results in pilot tests and student evaluations. Ferreiro-Cabello et al. (2016) introduced an innovative teaching project integrating 3D printing into the Elasticity and Strength of Materials course, enabling students to fabricate physical models from computational designs. This activity improved structural understanding and increased student motivation, with positive feedback in satisfaction surveys. Lapuebla-Ferri et al. (2015) developed virtual laboratories as

active learning tools for teaching Elasticity and Strength of Materials, allowing highly interactive simulations of practical cases. These tools facilitated conceptual understanding through simple interfaces and promoted autonomous learning in engineering and architecture programs.

This study analyzes the activity entitled “Homemade Laboratory of Strength of Materials” as an innovative initiative developed within the framework of the 2022-1-RO01-KA220-HED-000088365 NextGEng Cooperation Partnership project, which forms part of the internationalization strategy of the University of Jaén (UJA), Spain. The activity is embedded within the Elasticity and Strength of Materials course, a compulsory second-year subject offered across all programs in the Industrial Engineering branch. Implemented in collaboration with JAMK University of Applied Sciences (Finland), the initiative aims to provide students from both institutions with a unique opportunity to engage in collaborative learning while strengthening global, linguistic, and multicultural competences. By leveraging virtual tools and collaborative methodologies, this activity aligns with the institutions’ commitment to making internationalization accessible to the entire university community, beyond traditional mobility programs. The initiative fosters meaningful learning experiences by connecting students and faculty from different cultural contexts, allowing them to collaborate, share knowledge, and develop global competences without the need for physical mobility. The Homemade Laboratory of Strength of Materials embodies this vision by creating a virtual and collaborative learning environment in which students from UJA and JAMK can jointly conduct practical experiments and problem-solving activities related to strength of materials. Furthermore, this activity promotes intercultural dialogue, teamwork, and the use of digital tools in an academic context, providing students with exposure to a multicultural environment while enabling faculty to strengthen international networks and explore new opportunities for professional development and research collaboration.

The primary objective of the activity is the analysis, within an international collaborative environment, of the experimental measurement of vertical deflection in a prismatic beam configured as a statically determinate (isostatic) system. The beam is subjected to various external loads and supported under simple support conditions. All measurements must be performed using homemade instruments or devices developed and fabricated by the students themselves, following the guidelines established for the project. Once the experimental results are obtained, they are compared with theoretical values estimated from the models and expressions studied during the course. This comparison allows a critical analysis of the differences between theory and practice, promoting reflection on the reliability of the homemade measurement system and the assumptions considered in the theoretical approach.

The activity is organized through the creation of working groups composed of students from both institutions: the University of Jaén (UJA) and JAMK University of Applied Sciences. Each UJA group is paired with an equivalent JAMK group, establishing an international collaboration structure among students.

Each group experimentally studies the beam according to a configuration defined by themselves (in terms of length, material, loads, etc.) and documents the procedure and results in a video. Subsequently, for the theoretical analysis, each group uses the experimental data provided by its paired group at the other institution. In other words, UJA students solve the theoretical case posed by JAMK, and vice versa. This exchange forms the core of the proposal, as it fosters cooperative work between students from different academic and cultural contexts.

To conclude the activity, each group produces a joint video presenting in a structured manner the work development of both parties, the theoretical results, and the conclusions derived from the cross-analysis.

The ultimate aim of this voluntary experience is to explore the extent to which international collaboration initiatives can increase UJA students' interest in the Elasticity and Strength of Materials course, promote the acquisition of new transversal competences, and enhance the academic performance of participants. Accordingly, the outcomes of the course evaluation by the students involved in this activity are analyzed.

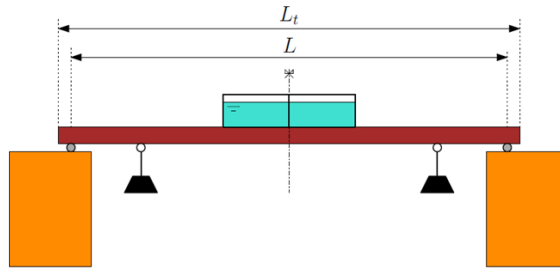
METHOD

The features to be analyzed in this Homemade Laboratory of Strength of Materials are shown in Figure 1 and are defined as follows:

The activity is structured around the analysis of a beam with total length L_t , supported at its ends or simply supported, which defines an effective length $L \leq L_t$, corresponding to the distance between supports and used in the calculations. The load configuration includes two point forces P_1 and P_2 applied symmetrically at a distance x_1 from the ends, and a uniformly distributed load q centred over a length X_2 . The orientation of the beam is established with respect to one of its principal axes of inertia, either the y -axis or the z -axis, depending on the reference system used in the academic context.

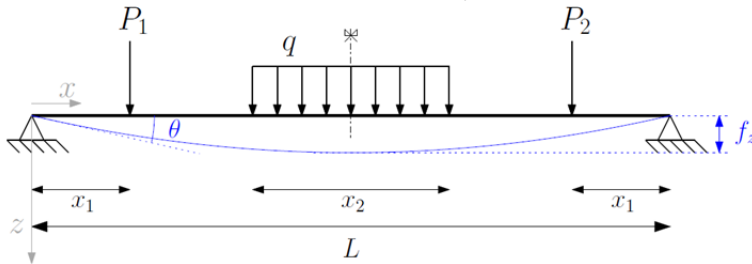
Although the use of a metallic material is recommended for beam fabrication, other materials such as wood, PVC, or 3D-printed components are also considered, provided that the cross-section is sufficiently slender to allow observable deformations. This cross-section must remain constant along the entire beam, and its fundamental geometric properties—such as the centroid, area, and moments of inertia with respect to the principal axes—must be determined.

Figure 1. Isostatic beam under simple support conditions, subjected to a centered point load and two symmetrical point loads



The theoretical approach of the activity is based on a simply supported beam subjected to two point loads and a distributed load. This model, shown in Figure 2, incorporates the definition of key parameters for analysis, including the vertical deflection f_z at midspan and the rotation θ associated with the support.

Figure 2. Theoretical scheme of a simply supported beam with point loads and a centrally distributed load



The proposed experimental activity aims to measure the beam vertical deflexion f_z without directly measuring the rotation θ at the supports. The procedure begins by placing the beam on simple supports, freely defined by the students. Before applying the external loads, the initial deflection associated with the beam's self-weight or any pre-existing permanent deformation is recorded. This stage establishes a baseline reference that will later be used to correct the experimental data.

Next, the point loads P_1 and P_2 , along with the distributed load q , are applied at the positions previously defined by the groups: a distance x_1 from the ends for the points loads and a centred length x_2 for the distributed load. It is essential that students ensure precise application of the loads on the beam. After loading, the total deflection f_z is measured, and a correction is made by subtracting the initially recorded deformation. This corrected deflection constitutes the value to be compared with the results from the theoretical model.

From a theoretical perspective, the activity is based on the analysis of bending deformations in beams. It requires the calculation of the vertical deflection at midspan, using the structural analysis methodology learned by each group at their home institution. This involves considering parameters such as the position of the loads, the moments of inertia, the cross-sectional geometry, and the magnitude of the applied forces. Another essential element is the Young's modulus E , whose value must be determined through literature review to identify the most representative theoretical value for the material used (Eteo).

The exercise also includes validation through numerical analysis. Students may use any available simulation tool, although the use of freely accessible software or educational licenses is encouraged. Suggested options include Autodesk® Robot Structural Analysis, which provides temporary free licenses for university students, and MDSolids®, available online. Other programs may also be used, provided they allow an effective comparison between numerical and experimental results.

In this activity, students must define the values of the point loads P_1 and P_2 , as well as the distributed load q , along with their respective positions X_1 and X_2 , while adhering to a set of previously established constraints. The effective beam length L must not be less than 25 cm, as a longer span improves the accuracy of deformation measurement. The selection of the loads should ensure that the maximum deflection f_z at midspan falls within the range $L/400$ to $L/15$. The beam's cross-section must remain constant along its entire length, and to facilitate observation of the deformation, an effective height on the order of millimeters is recommended, with no restrictions on width. Additionally, the arrangement of the loads must maintain symmetry with respect to the beam's longitudinal axis.

The point loads are applied locally on the beam, whereas the distributed load is implemented using materials that allow for uniform application, such as liquids or granular substances. Regarding the structural material, the use of aluminum, PVC, wood, or 3D-printed components is considered, provided that the beam maintains a homogeneous composition along its entire length. In cases where 3D printing is used, a high manufacturing density is recommended or, alternatively, the Young's modulus of the printed material should be known beforehand to minimize discrepancies in the theoretical-experimental comparison.

The activity concludes with the production of an audiovisual product documenting the development of the work. Each group creates a video with a maximum duration of five minutes, presenting the experimental procedure followed, the errors identified in the measurements, and the theoretical approach with the analytical expressions applied. In cases where simulation software is used, visual elements from the digital environment are included, along with observations on its operation. The video features graphical representations of the theoretical

deformation, as well as a visual estimate of the experimentally observed deformation, if feasible. Critical reflection is encouraged through the comparison of theoretical and experimental results, and the inclusion of both technical conclusions and reflections on the international collaborative experience between institutions is promoted. Finally, the videos include a credits section, detailing the specific contribution of each group member. Recording can be performed using any accessible tool, including mobile applications, presentation platforms, or social media, and must be entirely presented in English.

RESULTS

The course at UJA was attended by a total of 375 students, of whom 137 (36.5 %) chose to participate in the Homemade Laboratory activity. It is noteworthy that, due to its voluntary nature, the grade is weighted only after the course has been successfully completed.

Figure 3 shows some of the experimental setups carried out by the students during the Homemade Laboratory activity. These images illustrate the diversity of approaches and solutions employed by the students to apply theoretical concepts in a practical, home-based environment.

Figure 3. Different homemade experimental setups adopted by students



Regarding the analysis of the results, the aim is to determine whether participation in the Homemade Laboratory can be associated with an improvement in academic performance in the course, evaluated based on the grades obtained in the final exam and laboratory exercises.

For this purpose, a comparative statistical analysis is conducted between two groups: those who participated in the activity and those who did not. Specifically, the Student's t-test is employed, a statistical tool suitable for assessing whether the means of two independent samples differ significantly (Afzal et al., 2010; Ali et al., 2013; Arshad et al., 2015; Ghazivakili et al., 2014). Its application identifies whether the observed differences in academic performance are attributable to participation in the

Homemade Laboratory or could be due to chance. For the analysis, the following notation is used:

- Group A: students who participated in the proposed optional activity.
- Group B: students who did not participate.

Table 1 summarizes the results obtained by students in the laboratory exercises and the final exam in relation to the Student's t-test, distinguishing between those who participated in the Homemade Laboratory (Group A) and those who did not (Group B). The table presents the means, standard deviations, pass rates, maximum grades, and the p-value resulting from the t-test for each case.

Table 1. Statistical obtained results

	Laboratory Practices		Final Exam	
	Group A	Group B	Group A	Group B
No. students	137	238	137	238
Average grade (1-10)	6.12	4.39	4.56	3.99
Standard deviation	1.59	2.54	2.38	1.82
Pass rate (%)	86.13%	63.03%	39.42%	20.17%
Maximum grade	10	8.62	9.5	8.4
p-value (t-test)	1.71×10 ⁻¹⁴		0.061	

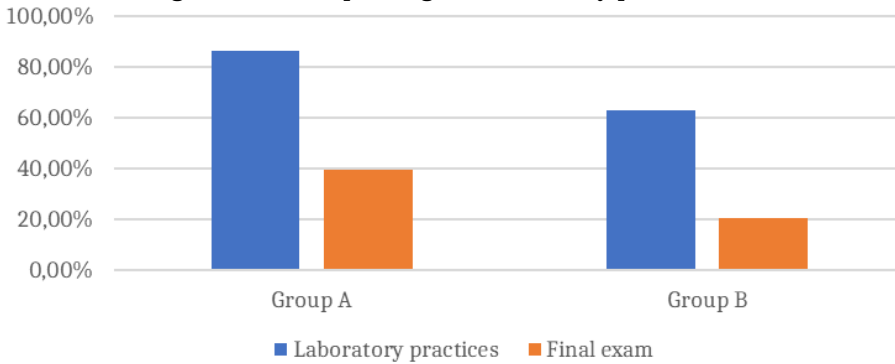
The results show that participation in the Homemade Laboratory had a significant impact on students' performance in the laboratory practices, with a statistically significant difference between the groups ($p = 1.71 \times 10^{-14}$). In contrast, this difference is not significant in the final exam performance, given that the significance level adopted is $\alpha = 0.05$ and a p-value of 0.061 was obtained. Under this criterion, it is concluded that the observed difference in the laboratory practices reflects a real effect of the activity, whereas the difference in the exam, although close to the threshold, is insufficient to reject the null hypothesis and could therefore be due to chance.

This disparity can be attributed to two factors: (1) the highly practical nature of the Homemade Laboratory, which reinforces more directly the content covered in the laboratory exercises, and (2) the voluntary nature of the activity, which tends to attract students who are more motivated in the course. Nevertheless, it is considered that the activity may also have strengthened transversal concepts, such as the analysis of bending deformations and the construction of stress diagrams, which are included in the theoretical exam.

With the above in mind, a direct analysis of the pass rates shown in Figure 4 reveals a considerable increase in academic performance among students who participated in the optional activity compared to those who did not, with 39 % of students passing in the former group versus 20 % in the latter.

Beyond its impact on academic performance, the results suggest that the Homemade Laboratory holds significant motivational value. The high level of achievement reflects active student engagement. In this sense, the activity not only serves as a technical reinforcement but also emerges as an effective pedagogical strategy to promote autonomy, responsibility, and meaningful learning. Its potential could be further explored in future research through the incorporation of qualitative variables, such as student perceptions or satisfaction with the methodology, as well as through a more structured integration into the curriculum design.

Figure 4. Percentage of students passing the laboratory practices and the final exam



Furthermore, in the final video, several students expressed their appreciation for the opportunity to collaborate with international peers, particularly valuing the experimental approach of the laboratory in contrast to the more theoretical content of the course, and the requirement to communicate in English, both for presenting and performing calculations. These additional dimensions of the activity point to benefits in the development of transversal competences, such as intercultural teamwork and technical communication in a foreign language, aligning with the objectives of a comprehensive university education.

DISCUSSION/CONCLUSION

The results of the Homemade Laboratory, developed within the framework of a COIL experience and conducted on a voluntary basis, show a significant improvement in students' performance in the laboratory exercises of the Elasticity and Strength of Materials course. This effect is related to the alignment between the experimental activity and the practical course content, such as the analysis of deformations or the use of simulation tools. In contrast, no relevant improvements were observed in the theoretical exam, suggesting that it would be advisable to expand the scope of the activity to cover a greater number of theoretical concepts and achieve a more balanced impact across the course.

Moreover, the activity was carried out successfully by the students, who demonstrated a high level of engagement and autonomy. The international collaboration in English with peers from another university and a different language background enabled them to develop intercultural, communication, and teamwork competences, bringing them closer to real professional contexts. For future editions, it is proposed to complement the quantitative analysis with a qualitative assessment to better understand students' perceptions and learning experiences, which would facilitate improvement and a more structured integration of this type of initiative into the curriculum.

This work is supported by the University of Jaén, within the framework of "Pilot Actions for Internationalization at Home, Academic Year 2024/25, Action 1", as well as the European Erasmus+ project reference "2022-1-RO01-KA220-HED-000088365", NextGEng: International Cooperation Framework for Next Generation Engineering Students, (<https://nextgeng.eu/>). This support is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- Afzal, H. (2010). A study of university students' motivation and its relationship with their academic performance. *International Journal of Business and Management*, 5(4).
- Ali, S., Haider, Z., Munir, F., Khan, H., & Ahmed, A. (2013). Factors contributing to the students academic performance: A case study of Islamia University Sub-Campus. *American Journal of Educational Research*, 1(8), 283-289.
- Appiah-Kubi, P. & Annan, E. (2020). A review of a collaborative online international learning. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 10(1).
- Arshad, M., Zaidi, S. M. I. H., & Mahmood, K. (2015). Self-esteem & academic performance among university students. *Journal of Education and Practice*, 6(1), 156-162.
- Blumthal, M., Forman, G. M., Roznowski, J., Dougherty, H., Ignacio, E. J., Goldstein, M. H., & Woodard, B. (2023). *Focus Study of Collaborative Online International Learning (COIL) Engineering Projects*. 2023 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Blumthal, M., Rodriguez, L., Stubbins, J., Woodard, B., Forman, G., Goldstein, M., Dougherty, H., Ignacio, E.J., & Owens, D. (2022). *Developing Collaborative Online International Learning (COIL) projects in Engineering Education*. 2022 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Chans, G. M., Valle-Arce, A. P., Salas-Maxemín, S., Caratozzolo, P., & Camacho-Zuñiga, C. (2025). Exploring transversal competencies in engineering students through international experiences. In *Frontiers in Education* (Vol. 9, p. 1457796). Frontiers Media SA.
- Drake, C. G. (2011). A Low-Cost Project Course to Enhance Learning in a Statics and Strength of Materials Course. In *2011 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 22-60).
- Ferreiro-Cabello, J., Fraile-García, E., Corral-Bobadilla, M., & Lostado-Lorza, R. (2016). Teaching innovation project based on 3d printer for the elasticity and strength of materials subject in the degree of mechanical engineering. In *EDULEARN16 Proceedings* (pp. 6441-6446). IATED.

- Ghazivakili, Z., Nia, R. N., Panahi, F., Karimi, M., Gholisorkhi, H., & Ahmadi, Z. (2014). The role of critical thinking skills and learning styles of university students in their academic performance. *Journal of Advances in Medical Education & Professionalism*, 2(3), 95.
- Hackett, S., Janssen, J., Beach, P., Perreault, M., Beelen, J., & Van Tartwijk, J. (2023). The effectiveness of Collaborative Online International Learning (COIL) on intercultural competence development in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 5.
- Jones, M. A., Miklavc, P., & Stewart, M. (2025). Enhancing laboratory education through collaborative online international learning: A case study between USA and UK students. *Current Research in Physiology*, 8, 100141.
- Katz, J. E., Dougherty, H., Goldstein, M. H., Ignacio, E. J., & Woodard, B. (2024). *Focus group analysis of engineering Collaborative Online International Learning (COIL+) compared to short-term study abroad programs*. 2024 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Lapuebla-Ferri, A., Giménez-Palomares, F., Jiménez-Mocholí, A. J., Espinós-Capilla, A., & Monsoriu-Serrá, J. A. (2015). Simulation tools as active methodologies for the learning of Elasticity and Strength of Materials. In *INTED2015 Proceedings* (pp. 5109-5119). IATED.
- Lara-Prieto, V., Ruiz-Cantisani, M. I., Membrillo-Hernández, J., Caratozzolo, P., García-García, R. M., Mejía-Manzano, L. A., & Vázquez-Villegas, P. (2023). The Role of Collaborative Online International Learning (COIL) as a Tool to Meet Engineering Accreditation Student Outcomes. In *2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1-5). IEEE.
- Ma, J. J., Bosman, L., Mikhail, M., Tantawi, K. H., & Morkos, B. (2023). *How to engage engineering students in teaching linear elasticity through entrepreneurially minded bio-inspired projects*. 2023 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Mlodzianowska, S., Olivos Rossini, M., & Singh Manhas, P. (2024). International Collaboration Through Online Learning Between Students from Peru and India. *Journal of Teaching in International Business*, 35(1-2), 20-49.
- Muñoz-Escalona, P., de Crespo, Z. C., Marin, M. O., & Dunn, M. (2022). Collaborative online international learning: A way to develop students' engineering capabilities and awareness to become global citizens. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 50(1), 89-104.
- Sang, Y., Lin, Y., & Wu, S. (2025). Bridging Cultures in Innovation Education: A Study of International Cooperation Models. *International Journal of New Developments in Education*, 7(5).
- Vaquerizo, L., Gil, I. D., Tututi-Avila, S., & Mato, R. B. (2025). Collaborative Online International Learning (COIL) in Chemical Engineering: Preparing students for multicultural and international work environments. *Education for Chemical Engineers*, 53.
- West, H., Goto, K., Borja, S. A. N., Trechter, S., & Klobodu, S. (2024). Evaluation of a Collaborative Online International Learning (COIL): A food product analysis and development project. *Food, Culture & Society*, 27(1), 152-173.
- Yu, Z. & Drigel, G. (2023). *Digitized Teaching Lab Development for Comprehensive Materials Testing System*. 2023 CIEC.

CAPÍTULO 6

LABORATORIO REMOTO PARA ENSEÑAR FÍSICA-ÓPTICA DESDE UN AULA VIRTUAL

LUISA FERNANDA CABEZAS BURBANO
Unidad Central del Valle del Cauca

INTRODUCCIÓN

En la educación en Ingeniería, las prácticas experimentales tradicionalmente se llevan a cabo en espacios físicos dedicados para tal propósito. Sin embargo, el avance reciente en las tecnologías de la información y la comunicación ha abierto la posibilidad de explorar métodos de enseñanza alternativos que pueden enriquecer y expandir las metodologías convencionales (Mohammed et al., 2020; Torres, 2011). Un ejemplo de esto son los laboratorios remotos (LR), que pueden complementar la formación tradicional (García y Ortega, 2007; Idoyaga y Arguedas-Matarrita, 2021; Ortiz et al., 2020).

El propósito fundamental de la instrucción experimental en Física dentro de los programas de ingeniería no solo es cultivar habilidades prácticas en el manejo de equipos, el diseño de experimentos y el análisis de resultados, sino también fortalecer otras capacidades esenciales para la educación de futuros profesionales (Herrera et al., 2020; Soria et al., 2017). Estas capacidades incluyen la aplicación de teorías y modelos para establecer conexiones entre observaciones, trabajo colaborativo, resolución de problemas y competencias comunicativas, entre diversas aptitudes adicionales (De los Ángeles Gómez López et al., 2022; Vázquez et al., 2021).

Para que las actividades experimentales puedan facilitar y enriquecer estos aprendizajes, es vital un diseño cuidadoso (Fry, 2014). La creación de actividades de aprendizaje requiere un entendimiento profundo tanto de la materia específica como del contexto educativo en el que se implementarán (Silva et al., 2024). También es crucial considerar la naturaleza de los procesos de aprendizaje que se desean fomentar y la perspectiva educativa adoptada (Silva-Manrique et al., 2021).

En esta perspectiva, se considera a los estudiantes como participantes activos en la construcción y renovación del saber, creando interpretaciones a partir de sus competencias previas y experiencias individuales (Vergara Rodríguez, 2019). La educación se concibe como un proceso social y contextual, enriquecido por el intercambio con sus pares y la utilización de recursos compartidos (Monge Nájera y Méndez Estrada, 2012). El entorno de clase, entendido como una comunidad de práctica entre docentes y estudiantes, es un espacio donde se generan significados sociales que se internalizan a nivel personal. La dinámica de la clase opera como un sistema abierto con múltiples interacciones para iniciar, intercambiar y analizar

conocimiento, con el objetivo de promover un proceso de enseñanza-aprendizaje continuo (Campos Nava y Ramírez Díaz, 2019).

Desde esta perspectiva constructivista del aprendizaje, la enseñanza se presenta como una propuesta estructurada de secuencias de actividades de aprendizaje que inducen la construcción de conocimiento (Widari y Jazadi, 2019). Cada actividad de aprendizaje se entiende como una oportunidad en la que docentes y estudiantes interactúan para movilizar y transformar ideas, procedimientos y emociones. Estas situaciones se convierten en oportunidades de aprendizaje cuando están guiadas por una intencionalidad didáctica y se sustentan en decisiones estratégicas del docente para facilitar el proceso de aprendizaje (Villegas, 2021).

Las tareas de docentes y estudiantes se diferencian, y el proceso de aprendizaje cobra vida a través de estas actividades. En el caso particular de actividades completamente virtuales, como los laboratorios remotos, los materiales de aprendizaje y los recursos que permiten la interacción entre estudiantes, docentes y los laboratorios remotos juegan un papel central (Chanfón et al., 2016; Lorandi Medina et al., 2011).

Este estudio presenta una metodología para recolectar y analizar datos relacionados con la implementación de un enfoque de aprendizaje mediante laboratorios remotos (Gomes y Bogosyan, 2009). Esta experiencia se enmarca en la asignatura de Física II en los programas de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional La Plata, Buenos Aires, Argentina. Se analiza la ejecución de una experiencia de laboratorio basada en un arreglo experimental de aplicación didáctica en el campo de la óptica geométrica (ley de Snell (Veloso, 2018)), permitiendo que los estudiantes interactúen de manera no presencial con el arreglo, modifiquen sus características y observen el impacto de tales modificaciones en el fenómeno estudiado. Este caso de estudio se sitúa en el ámbito de la educación en ingeniería, destacando el aporte de la actividad experimental en la formación de futuros profesionales.

MÉTODO

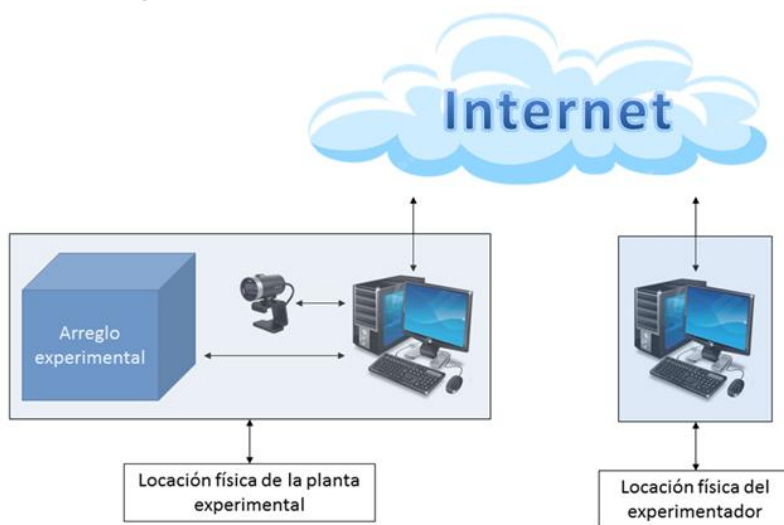
Esta investigación se enmarca en un diseño cuasiexperimental con un enfoque mixto, orientado a comparar el impacto de una intervención educativa mediada por un laboratorio remoto (LR) en el aprendizaje de fenómenos ópticos. A continuación, se describen los materiales empleados, la configuración técnica del LR, la población participante y los procedimientos metodológicos implementados para la recolección y análisis de datos.

Descripción del laboratorio remoto

El LR fue diseñado para permitir la interacción remota con un experimento real de óptica geométrica. El sistema incluyó un arreglo óptico compuesto por una fuente de luz blanca, una lente convergente de 10 cm de distancia focal, una rendija lineal y un prisma transparente, todos montados sobre un riel óptico. El prisma fue fijado a una plataforma giratoria cuyo eje estaba acoplado a un servomotor controlado por una placa Arduino, permitiendo la variación del ángulo de incidencia de forma remota.

El conjunto experimental fue alojado en un espacio físico externo al aula y conectado a una computadora con acceso a Internet. A través de una aplicación desarrollada en lenguaje Python, los estudiantes pudieron controlar el sistema mediante una interfaz gráfica intuitiva. El software permitía modificar los parámetros del experimento y observar los resultados en tiempo real mediante una cámara web, como se muestra en el esquemático de la figura 1.

Figura 1. Concepto de implementación de un LR



Fuente: Grupo IEC

La figura 2 muestra una captura de pantalla de la ventana de tal aplicación.

La interfaz de usuario de la aplicación fue suficientemente simplificada (en lo que a su operación se refiere) a fin de facilitar su empleo. La aplicación permite al experimentador configurar el paso angular de la rotación (en la figura 2 se encuentra configurado un paso de "45°") mediante dos botones que permiten aumentar y disminuir su valor.

El arreglo luce físicamente como es mostrado en la figura 3.

Figura 2. Captura de pantalla del software de apoyo al LR



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Arreglo físico montado (fotografías tomadas usando dos vistas diferentes)



Fuente: Elaboración propia

La remotización de la experiencia fue realizada mediante una computadora conectada a Internet y situada en la UTN Facultad Regional La Plata. La observación del espacio experimental por parte del estudiante fue llevada a cabo mediante el uso de una cámara web.

Implementación del LR en la asignatura de Física II en los programas de ingeniería de la UTN Facultad Regional La Plata.

Participantes

La intervención se llevó a cabo con estudiantes de segundo año de una carrera de ingeniería, inscritos en la asignatura de Física II. La muestra estuvo compuesta por dos subgrupos de igual tamaño:

Grupo de control: conformado por estudiantes que realizaron la experiencia en forma convencional (esto es, en formato presencial).

Grupo experimental: conformado por estudiantes que realizaron la experiencia en forma remota (esto es implementando la plataforma de experimentación con acceso vía Internet).

Ambos grupos trabajaron con los mismos contenidos y objetivos de aprendizaje, diferenciándose únicamente en la modalidad de ejecución del experimento.

Para la evaluación del impacto del LR, se utilizaron instrumentos cuantitativos y cualitativos. Encuestas estructuradas aplicadas antes y después de la experiencia, diseñadas para indagar el conocimiento previo, la comprensión de conceptos clave (ley de reflexión, ley de refracción, reflexión interna total) y la percepción sobre el uso del laboratorio y entrevistas semiestructuradas a docentes y estudiantes del grupo experimental, enfocadas en caracterizar la experiencia pedagógica y las habilidades desarrolladas.

Las sesiones experimentales fueron desarrolladas durante dos semanas consecutivas. Los estudiantes del grupo experimental accedieron al LR a través de sesiones programadas que incluían instrucciones guiadas y observación directa del comportamiento óptico. El grupo control realizó prácticas equivalentes en laboratorio físico, siguiendo las mismas consignas.

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran las encuestas realizadas antes y después de haberse realizado la experiencia en ambos grupos de estudiantes.

Tabla 1. Encuesta realizada en ambos subgrupos de estudiantes voluntarios “antes” de ser realizada la experiencia

Encuesta: “Antes”
¿Escuchó hablar de la rama de la Física conocida como “Óptica Geométrica”? (Si – No). Rta: _____
¿Conoce en qué consiste la Ley de Reflexión? (Si – No). Rta: _____
¿Conoce en qué consiste la Ley de Refracción? (Si – No) Rta: _____
¿Conoce en qué consiste el fenómeno llamado “Reflexión total interna”? (Si – No) Rta: _____

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Encuesta realizada en el subgrupo de control de estudiantes voluntarios “después” de ser realizada la experiencia

Encuesta: “Después”. Subgrupo de control
¿Qué tan bien comprendió el concepto de la “Ley de Reflexión”?
1: No lo comprendí.
2: Lo comprendí un poco.
3: Lo comprendí medianamente.
4: Lo comprendí bien.
5: Lo comprendí muy bien.
Rta: _____
¿Qué tan bien comprendió lo que ocurre cuando el ángulo de incidencia es superior al ángulo crítico?
1: No lo comprendí.
2: Lo comprendí un poco.
3: Lo comprendí medianamente.
4: Lo comprendí bien.
5: Lo comprendí muy bien.
Rta: _____
¿Considera que luego de haber realizado la experiencia se encuentra en calidad de explicar con sus propias palabras lo que ocurre cuando el haz de luz incide sobre la interfaz óptica?
No: No adquirí la destreza de explicar con mis palabras el fenómeno.
Más o menos: Adquirí parcialmente la destreza de explicar con mis palabras el fenómeno.
Si: Adquirí la destreza de explicar con mis palabras el fenómeno.
Rta: _____
¿Cuál fue el valor medido del ángulo crítico?
Rta: _____
Desde el punto de vista tecnológico, ¿cuál es el grado de dificultad técnica en la utilización de los elementos del laboratorio?
1: Fácil
2: Difícil.
3: Moderada.
Rta: _____
Desde el punto de vista tecnológico, ¿cuáles fueron las dificultades presentadas durante el uso del Laboratorio?:
1: Mala respuesta del instrumental.
2: Sin dificultades.
Rta: _____
Desde el punto de vista de la aplicación pedagógica del Laboratorio, el trabajo práctico sirvió para:
1: Estudiar de manera eficaz
2: Relacionar teoría con la práctica
3: Aprender una nueva tecnología
Rta: _____
Cuál fue el grado de dificultad de las actividades propuestas:
1: Muy fáciles
2: Demasiado complejas
3: Dificultad aceptable
Rta: _____

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Encuesta realizada en el subgrupo de análisis de estudiantes voluntarios “después” de ser realizada la experiencia

Encuesta: “Después”. Subgrupo de análisis
¿Qué tan bien comprendió el concepto de la “Ley de Reflexión”?
1: No lo comprendí.
2: Lo comprendí un poco.
3: Lo comprendí medianamente.
4: Lo comprendí bien.
5: Lo comprendí muy bien.
Rta: _____
¿Qué tan bien comprendió lo que ocurre cuando el ángulo de incidencia es superior al ángulo crítico?
1: No lo comprendí.
2: Lo comprendí un poco.
3: Lo comprendí medianamente.
4: Lo comprendí bien.
5: Lo comprendí muy bien.
Rta: _____
¿Considera que luego de haber realizado la experiencia se encuentra en calidad de explicar con sus propias palabras lo que ocurre cuando el haz de luz incide sobre la interfaz óptica?
No: No adquirí la destreza de explicar con mis palabras el fenómeno.
Más o menos: Adquirí parcialmente la destreza de explicar con mis palabras el fenómeno.
Si: Adquirí la destreza de explicar con mis palabras el fenómeno.
Rta: _____
¿Cuál fue el valor medido del ángulo crítico?
Rta: _____
Desde el punto de vista tecnológico, cual es el grado de dificultad técnica en la utilización del Laboratorio Remoto.
1: Fácil
2: Difícil.
3: Moderada.
Rta: _____
Desde el punto de vista tecnológico, ¿cuáles fueron las dificultades presentadas durante el uso del Laboratorio Remoto?:
1: Limitación en la recepción de la información, problemas con el internet.
2: Mala calidad de la imagen
3: Sin dificultades.
Rta: _____
Desde el punto de vista de la aplicación pedagógica del Laboratorio Remoto, el trabajo práctico sirvió para:
1: Estudiar de manera eficaz
2: Relacionar teoría con la práctica
3: Aprender una nueva tecnología
Rta: _____
Cuál fue el grado de dificultad de las actividades propuestas:
1: Muy fáciles
2: Demasiado complejas
3: Dificultad aceptable
Rta: _____

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 muestra parte de los estudiantes voluntarios de ambos subgrupos.

Figura 4. Grupo de estudiantes del subgrupo de control (lado izquierdo) y del subgrupo de análisis (lado derecho)



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

La investigación integró un enfoque metodológico mixto que permitió articular datos cuantitativos y cualitativos para una comprensión holística del impacto pedagógico de los laboratorios físicos y remotos en la enseñanza de la óptica geométrica. Esta triangulación metodológica —que combinó encuestas, entrevistas y revisión teórica— posibilitó no solo validar empíricamente los efectos de la intervención, sino también enriquecer su interpretación a partir de las percepciones de los propios estudiantes.

Antes de la intervención pedagógica, se aplicó una encuesta diagnóstica con el fin de identificar el nivel de familiaridad de los estudiantes con los conceptos básicos de la óptica geométrica. Los datos cuantitativos obtenidos mostraron que el 100% de los participantes había escuchado sobre la óptica geométrica y afirmaba conocer las leyes de reflexión y refracción, lo que indica una base conceptual generalizada. No obstante, el 25% de los encuestados manifestó no conocer el fenómeno de la reflexión total interna, evidenciando la existencia de vacíos específicos. Esta información resultó fundamental para sustentar la pertinencia de la intervención, al mostrar la necesidad de profundizar en determinados contenidos mediante estrategias experimentales, tanto presenciales como virtuales.

Posteriormente, se aplicó un diseño cuasiexperimental con dos grupos paralelos: uno que desarrolló las actividades en laboratorio físico (grupo control) y otro que utilizó un laboratorio remoto (grupo experimental). Ambos grupos participaron en sesiones prácticas sobre reflexión y refracción de la luz, incluyendo el estudio de la reflexión total interna.

Los resultados cuantitativos posteriores evidenciaron una comprensión elevada de los fenómenos estudiados en ambos grupos. En el grupo control, el 100% de los estudiantes indicó haber comprendido muy bien la ley de reflexión y la reflexión total interna, y todos se sintieron capaces de explicarlos con sus propias palabras.

Asimismo, reportaron una experiencia práctica fluida, sin dificultades técnicas, y valoraron positivamente la relación entre teoría y práctica facilitada por el laboratorio físico.

En el grupo experimental, que accedió al laboratorio remoto vía Internet, los resultados fueron igualmente alentadores: el 100% comprendió adecuadamente la ley de reflexión y se sintió en capacidad de explicarla. En relación con la reflexión total interna, el 50% declaró haberla comprendido “bien” y el 50% “muy bien”, evidenciando un dominio sólido del contenido, aunque con una ligera mayor variabilidad que en el grupo control. En términos operativos, los estudiantes reportaron facilidad de uso del entorno virtual y ausencia de dificultades técnicas. Valoraron la experiencia como accesible, clara y útil para conectar la teoría con la práctica.

A partir de lo descrito anteriormente, los datos cualitativos, obtenidos mediante entrevistas semiestructuradas a una muestra de estudiantes de ambos grupos, aportaron información clave sobre la percepción subjetiva del proceso de aprendizaje. Los estudiantes del grupo remoto destacaron especialmente la posibilidad de repetir las experiencias de forma autónoma, de adaptar el ritmo a sus necesidades y de contar con material visual de alta calidad, lo que fortaleció la comprensión conceptual. Por su parte, los estudiantes del grupo presencial resaltaron el contacto directo con los instrumentos y la socialización con compañeros como elementos clave del aprendizaje.

Este análisis temático permitió identificar, además de las fortalezas de cada modalidad, ciertos desafíos comunes: la necesidad de una guía pedagógica clara, la importancia del diseño instruccional y el rol activo del docente en la mediación del aprendizaje experimental.

Para sistematizar estos hallazgos, se elaboró una triangulación de casos que integra los resultados del grupo control y del grupo experimental, destacando convergencias, divergencias y aportes pedagógicos de cada modalidad, ver Tabla 4.

La integración de resultados cuantitativos y cualitativos permitió contrastar percepciones, logros y desafíos de ambas modalidades de enseñanza. Esta triangulación no solo aumentó la validez interna del estudio, sino que también reveló que, si bien ambos laboratorios propiciaron aprendizajes significativos, los laboratorios remotos ofrecen ventajas pedagógicas adicionales que amplían las posibilidades de acceso, personalización del aprendizaje y sostenibilidad institucional. Tal como lo argumentan autores como Faulconer y Gruss (2018) y Ballerini Bruno et al. (2021), estas herramientas digitales permiten diseñar experiencias adaptadas a las necesidades individuales, favoreciendo aprendizajes autónomos y contextualizados.

Tabla 4. Síntesis de la triangulación metodológica: análisis comparativo de modalidades presencial y remota

Dimensión	Grupo control (Laboratorio presencial)	Grupo experimental (Laboratorio remoto)	Triangulación
Diagnóstico inicial	Conocimientos teóricos básicos, poca práctica experimental previa.	Nivel conceptual similar, incertidumbre inicial frente a entornos virtuales.	Ambos parten de condiciones equivalentes, lo que permite una comparación justa.
Trayectoria	Realizan prácticas con equipos físicos, limitados por tiempo y disponibilidad de recursos.	Ejecutan prácticas virtuales con posibilidad de mayor autonomía, flexibilidad y repeticiones.	Se evidencian dos modalidades complementarias: contacto físico frente acceso equitativo y flexible.
Resultados de aprendizaje	Comprensión conceptual fortalecida, aunque condicionada por restricciones logísticas.	Comprensión conceptual equivalente al presencial, con ventajas en motivación y repetición de prácticas.	Los aprendizajes conceptuales son semejantes; cada modalidad potencia diferentes aspectos del proceso.
Percepción estudiantil	Valoran la manipulación real de equipos, pero expresan frustración por no repetir lo suficiente.	Reconocen la autonomía y flexibilidad, aunque sugieren combinar con experiencias físicas.	Ambas experiencias son valoradas; se reconoce la necesidad de articular lo presencial y lo remoto.
Síntesis	Desarrolla competencias manuales, pero con acceso restringido.	Garantiza motivación y equidad, aunque sin manipulación directa.	La triangulación evidencia que el laboratorio remoto no reemplaza al presencial, sino que lo complementa de manera efectiva.

Cabe resaltar que los hallazgos respaldan la tesis de que la educación en ciencias puede beneficiarse notablemente de las TIC, no solo como recurso de apoyo, sino como medio principal para desarrollar competencias experimentales y conceptuales en contextos donde la presencialidad es limitada (Culzoni y Cámara, 2012). Esta afirmación se alinea con investigaciones previas (Lorandi et al., 2011; Domínguez et al., 2010; Mansilla et al., 2015; Poo et al., 2023) que destacan el valor estratégico de los laboratorios remotos en el fortalecimiento de la enseñanza científica en el siglo XXI.

En conjunto, los resultados de esta investigación muestran que tanto el laboratorio presencial como el remoto aportan de manera significativa a la enseñanza de la óptica geométrica, aunque lo hacen desde fortalezas distintas que se potencian cuando se articulan de forma complementaria. Mientras el laboratorio físico favorece el desarrollo de destrezas manuales y la interacción directa con los equipos, el laboratorio remoto amplía las oportunidades de acceso, flexibiliza el aprendizaje y estimula la motivación estudiantil. La triangulación de datos cuantitativos y cualitativos respalda la pertinencia de incluir estas dos modalidades en el diseño curricular de la enseñanza de las ciencias, abriendo paso a entornos híbridos que

integren lo mejor de cada experiencia. Con ello, se fortalecen no solo la comprensión conceptual y las competencias experimentales de los estudiantes, sino también la equidad y sostenibilidad institucional, lo que sustenta las conclusiones y recomendaciones formuladas en torno al valor estratégico de los laboratorios remotos en la educación científica contemporánea (Lobo Castellón et al., 2021).

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

En relación con el diseño del laboratorio remoto, se logró implementar un entorno virtual de óptica geométrica que integra principios tecnológicos y pedagógicos coherentes con el enfoque constructivista sociocultural. Este diseño no solo permitió simular fenómenos físicos de manera rigurosa, sino también ofrecer a los estudiantes experiencias experimentales auténticas, accesibles y flexibles, respondiendo así a contextos educativos con limitaciones de infraestructura.

Respecto a la integración de prácticas experimentales en entornos virtuales, los resultados mostraron que el laboratorio remoto favoreció aprendizajes significativos y activos, potenciando la autonomía y motivación de los estudiantes. La posibilidad de repetir las experiencias, adaptar el ritmo de trabajo y acceder desde cualquier lugar contribuyó a consolidar la comprensión conceptual, evidenciando que la virtualidad puede enriquecer e incluso complementar la presencialidad en la formación científica.

En cuanto a la evaluación de la efectividad del laboratorio remoto, la comparación con el grupo control (laboratorio presencial) reveló que ambos alcanzaron niveles de comprensión conceptual equivalentes en fenómenos como la ley de reflexión y la reflexión total interna. Sin embargo, el laboratorio remoto aportó ventajas adicionales en términos de accesibilidad, sostenibilidad institucional y democratización del acceso a recursos experimentales, siendo valorado positivamente por los estudiantes.

Desde una perspectiva institucional, el estudio confirma que los laboratorios remotos representan una estrategia pedagógica viable y pertinente para programas de ingeniería y carreras STEM. Su implementación optimiza recursos, reduce costos de infraestructura y amplía las oportunidades de aprendizaje, lo que fortalece la equidad educativa y proyecta un modelo sostenible para la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI.

La investigación abre nuevas líneas de estudio orientadas a explorar el impacto de los laboratorios remotos en el desarrollo de competencias científicas, habilidades técnicas y actitudes hacia la experimentación. Ello invita a replantear el rol de las tecnologías digitales en la educación superior, no solo como apoyo didáctico, sino como herramientas estratégicas para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje en entornos globalizados y diversos.

REFERENCIAS

- Ballerini Bruno, J. P., Oliveira, T., y Marcorin de Oliveira, A. (2021). Desenvolvimento de um laboratório remoto de FPGA: Indo em direção a um laboratório híbrido. *Renote*, 19(1). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.118491>
- Campos Nava, M. y Ramírez Díaz, M. H. (2019). Diseño de un instrumento para caracterizar el conocimiento didáctico del contenido en profesores de física sobre un tópico específico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 14(2). <https://doi.org/10.14483/23464712.13900>
- Chanfón, J. G., Gómez Crespo, M. R., y Borroto Carmona, G. (2016). Impacto de la introducción de los laboratorios virtuales en la educación superior. *Congreso Universidad*, 5(5).
- Culzoni, C. M. y Cámara, C. (2012). Valoración de la calidad de la enseñanza basada en tecnologías. Utilización de un laboratorio remoto para un trabajo práctico de física en carreras de ingeniería. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 16, 79–87. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4095313>
- De los Ángeles Gómez López, M., Ángel Cabrera, M., Bonomi, F. M., Del Sancio, L., Ballesteros, A., y Franco, Q. (2022). *Proyecto Laboratorios remotos en carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de Tucumán*. 2022 IEEE Biennial Congress of Argentina, ARGENCON 2022. <https://doi.org/10.1109/ARGENCON55245.2022.9940001>
- Domínguez, M., Reguera, P., y Fuertes, J. (2010). Laboratorio Remoto para la Enseñanza de la Automática en la Universidad de León (España). *Riaii*, 2(2).
- Faulconer, E. K. y Gruss, A. B. (2018). A review to weigh the pros and cons of online, remote, and distance science laboratory experiences. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i2.3386>
- Fry, D. J. (2014). Teaching experimental design. *ILAR Journal*, 55(3), 457–471. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilu031>
- García, M. L. y Ortega, J. G. M. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3).
- Gomes, L. y Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(12). <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2033293>
- Herrera, D. C., Triana, K., y Mesa, W. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *Documentos de Trabajo ECBTI*, 1.
- Idoyaga, I. y Arguedas-Matarrita, C. (2021). Análisis representacional de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(2). <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35267>
- Lobo Castellón, J. A., Paniagua Orozco, L. F., y Arguedas-Matarrita, C. (2021). Percepción de la usabilidad del laboratorio remoto VISIR como herramienta para el aprendizaje de la física en secundaria Perception of usability of the remote laboratory. *Revista de Enseñanza de La Física*, 33.
- Lorandi Medina, A. P., Hermida Saba, G., Hernández Silva, J., y Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 1940–1116.

Mansilla, C., Schspschuk, P., y Cámara, C. (2015). Uso de un laboratorio remoto en el cursado de física en carreras de ingeniería. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(1).

Mohammed, A. K., El Zoghby, H. M., y Elmesalawy, M. M. (2020). Remote Controlled Laboratory Experiments for Engineering Education in the Post-COVID-19 Era: Concept and Example. 2nd Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference, NILES 2020. <https://doi.org/10.1109/NILES50944.2020.9257888>

Monge Nájera, J. y Méndez Estrada, V. H. (2012). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración. *Revista Educación*, 31(1). <https://doi.org/10.15517/revedu.v31i1.1255>

Ortiz, K. N. T., Muñoz, D. C. H., y Mendoza, W. N. M. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *Documentos de Trabajo ECBTI*, 1(1).

Poo, M. C. P., Lau, Y. Y., y Chen, Q. (2023). Are Virtual Laboratories and Remote Laboratories Enhancing the Quality of Sustainability Education? *Education Sciences*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/educsci13111110>

Silva, P. C., Rodrigues, A. V., y Vicente, P. N. (2024). An Evaluation of the Experimental Science Teaching Program for Primary Education from the Teachers' Perspective: An Educational Design Research Journey. *Education Sciences*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/educsci14070782>

Silva-Manrique, M., Herrera-Montero, J. L., y Carvajal-Martínez, R. (2021). Modelo de Estrategias Didácticas para promover el pensamiento superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.976

Soria, M. F., Fernández, R. A., Gómez, M. J., Paz, H. R., Pozzo, M. I., Dobboletta, E., Fidalgo, A. V., Alves, G. R., Sancristobal, E., García-Loro, F., Castro, M., y Díaz-Orueta, G. (2017). *Perspectivas de los Laboratorios Remotos en la Educación Media y Superior de Santiago del Estero*. 1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI).

Torres, N. N. (2011). Los Laboratorios Virtuales Adaptativos Y Personalizados En La Educación Superior. *Revista Vínculos*, 8(2). <https://doi.org/10.14483/2322939X.4199>

Vázquez, R., Spotorno, R., Liska, D., y Mariguetti, J. (2021). Laboratorio remoto utilizando dispositivos genéricos. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 7. <https://doi.org/10.30972/eitt.704773>

Veloso, C. (2018). *Ley de Snell - Principio de reflexión y refracción*. Tutoriales de Electrónica | Matemática y Física.

Vergara Rodríguez, D. (2019). Imposición de los laboratorios virtuales en la educación del siglo XXI. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, 13(2).

Villegas, E. (2021). Estrategias didácticas para promover el pensamiento creativo en aulas. *Revista Innova Educación*, 4(1). <https://doi.org/10.35622/j.rie.2022.01.008.es>

Widari, I. y Jazadi, I. (2019). Constructivist learning paradigm in the introduction to education subject. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 13(1). <https://doi.org/10.11591/edulearn.v13i1.10424>

CAPÍTULO 7

HACIA UNA ECOLOGÍA DEL APRENDIZAJE INTEGRAL: CREATIVIDAD HUMANA EN LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ, GASTÓN SANGIER CONTRERAS,
CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ, JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA,
YOLANDA BLANCO ARCHILLA, Y ANTONIO MADRID LÓPEZ
Universidad CEU San Pablo

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Vivimos en una era caracterizada por la acelerada convergencia entre tecnologías inteligentes y procesos educativos. En este contexto de veloz transformación digital, las inteligencias artificiales, o más genéricamente, la inteligencia artificial (IA), en particular, se ha convertido en un agente disruptivo que redefine las prácticas educativas, los roles docentes y las formas de aprender: Está transformando el diseño y configuración de los entornos de aprendizaje, desde sistemas de tutoría automatizados hasta plataformas adaptativas y asistentes virtuales instantáneos (Russell y Norvig, 2022).

Esta irrupción tecnológica plantea desafíos profundos, no solo en términos de infraestructura o competencias digitales, sino también en relación con los marcos epistemológicos, éticos y pedagógicos que sustentan los procesos formativos (Kaplan, 2016). Frente a este panorama, se hace necesario repensar el aprendizaje desde una perspectiva más holística, que reconozca la complejidad de los entornos educativos contemporáneos y la interdependencia entre sujetos, tecnologías y contextos.

Además, esta transformación no está exenta de controversias: ¿cómo garantizar que el aprendizaje siga siendo un proceso humano, creativo y ético en un contexto cada vez más automatizado? (Balcázar, 2023). Desde el ámbito de la tecnología educativa, esta perspectiva invita a superar enfoques instrumentales o meramente tecnocéntricos, que reducen la tecnología a una herramienta por encima de la pedagogía y la didáctica y proponer una mirada crítica y reflexiva que reconozca su carácter mediador, configurador y performativo en las tareas docentes (Selwyn, 2012; Williamson, 2017). En particular, la incorporación de sistemas de IA en la educación —como tutores inteligentes, algoritmos de personalización o asistentes virtuales— plantea interrogantes sobre la agencia, la autonomía, la creatividad y la justicia educativa.

Nuestro mundo contemporáneo se caracteriza por la ausencia de certezas y la presencia de incertidumbres, terreno abonado para la aparición de nuevos

paradigmas filosóficos como el del pensamiento complejo de Edgar Morín (Morín, 1994), el reciente de la modernidad líquida de Zygmunt Bauman (Bauman, 2025), o el pionero de la sinérgica de Hermann Haken (Haken, 1983). En la actualidad, la pugna entre inteligencia artificial (IA) e inteligencia humana (IH) nos hace preguntarnos si la IA puede sustituir a la IH y, por tanto, a los humanos dentro de unos años.

Figura 1. Data-verse. Ryoji Ikeda, La Biennale Di Venezia. 2019



Situación actual del estado de la cuestión

Abordaremos fundamentalmente la situación actual desde el campo de la neurociencia (Ocampo et al., 2024). Así, sus principales ideas sobre la complejidad del cerebro humano lo describen como el sistema biológico más complejo conocido y avanzado de la evolución biológica en la Tierra, con capacidades como la neuroplasticidad, la conciencia, la emoción, y la intuición, que aún no pueden ser replicadas por sistemas artificiales (Lavandera, 2025). Por otra parte, la IA, especialmente la generativa, como sistema lógico y estadístico se basa en modelos estadísticos y redes neuronales artificiales que imitan ciertos patrones del cerebro, pero carecen de intencionalidad, contexto emocional y experiencia subjetiva. Como principales diferencias, el profesor Lavandera establece que la IA opera con datos, algoritmos y aprendizaje supervisado/no supervisado, mientras que la Inteligencia Humana, IH, integra emociones, motivaciones, experiencias y aprendizaje multisensorial. La IA no posee conciencia ni autoconciencia, mientras que la IH sí. Advierte sobre el error de atribuir cualidades humanas a la IA, lo que puede llevar a malentendidos éticos y sociales sobre su verdadero alcance, y propone desde la neurociencia una visión complementaria: la IA puede potenciar las capacidades humanas, pero no reemplazarlas en aspectos como la creatividad profunda, la empatía o el juicio ético.

Si atendemos a la neurociencia veremos que no existe un único tipo de inteligencia humana, sino que se distinguen inteligencias múltiples que configuran la experiencia necesaria para enfrentarnos y adaptarnos al entorno y aprender de forma continuada en el tiempo (Gardner, 2023). En cuanto a la IA, podemos dividirla en una IA fuerte (científica o Artificial General Intelligence, AGI) y una IA débil (tecnológica o narrow) (Costa, 2011). Por una lado la AGI trata de emular a la Inteligencia Humana

(IH) para lo que sería necesario que fuera capaz de alcanzar una conciencia propia que le posibilitase la interacción con el mundo, siendo capaz de abstraerse para tener una representación interna del propio sistema, cosa que, a día de hoy, es imposible. Por otro lado en la IA tecnológica, existen dos variantes; de una parte, los sistemas expertos y el Machine Learning (ML), o aprendizaje máquina. Estos sistemas expertos tratan de desarrollar procedimientos inteligentes, según el grado de conocimiento de un experto en un campo específico que facilita el diseño de un programa para realizar una determinada tarea (Michalski et al., 1983). El ML es el proceso por el que una máquina se alimenta con datos, sobre los cuales utilizará técnicas de análisis para aprender a ejecutar una tarea; además, dentro del ML tenemos que diferenciar entre la IA generativa (utiliza una gran cantidad de datos y algoritmos para aprender nueva información) y la IA predictiva (se centra principalmente en la previsión, pero utilizando los datos para realizar análisis estadísticos para anticipar e identificar sucesos futuros). Si la IA generativa utiliza la técnica del Deep Learning (aprendizaje profundo) inspirada en la arquitectura de las neuronas biológicas del cerebro, la IA predictiva se basa en modelos estadísticos y algoritmos de aprendizaje automáticos simples para recopilar grandes cantidades de datos (Big Data). Es decir, la IA utiliza básicamente redes neuronales artificiales (RNA), que son una simplificación del cerebro humano, siendo, no obstante, potentes herramientas informáticas: mientras las redes neuronales reales son asíncronas, las RNA son síncronas (Mosqueda, 2024).

Es decir, según las neurociencias, las RNA son una interpretación del procesamiento complejo del cerebro, muy distintas del procesamiento retrospectivo de la visión, y de los procesos tanto de memoria a corto como a largo plazo del hipocampo, y de los procesos de homeostasis regulados por grupos neuronales de la corteza prefrontal (Jia et al., 2024). Si bien la IA puede superar a los humanos en cantidad de ideas generadas, no necesariamente lo hace en profundidad emocional o intuición: Jacob Nielsen recopila 12 estudios donde GPT-4 superó al 91% de humanos en la prueba de Usos Alternativos (AUT), la co-creación con IA mejora la productividad creativa, especialmente en escritores menos creativos, y las imágenes generadas por IA inspiran más ideas que las fotografías tradicionales. Sin embargo, aunque la IA fortalece la creatividad, la cocreación entre la IA y los humanos es aún mejor (Medeiros et al., 2025).

Aun reconociendo que la IA está experimentando un potencial cada vez mayor en cuanto a imaginación, ideación y creatividad en diversos ámbitos, su verdadero poder surge cuando se combina con el juicio y el discernimiento humanos: Esta sinergia simbiótica supera tanto a los humanos como a la IA trabajando de forma aislada (Koivisto y Grassini, 2023).

Parece que la estrategia es clara: aumentar, no sustituir. El futuro pertenece a la colaboración entre humanos e IA. La creatividad, la productividad y la innovación alcanzarán nuevas cotas gracias a esta asociación (Lee y Chung, 2024).

Hipótesis de investigación

Ante la situación actual de la irrupción de la IA como herramienta tecnológica que está transformando el campo de la educación, esta investigación propone una ecología del aprendizaje integral como metodología operativa para abordar esta cuestión (Ladino et al., 2016). Desde una perspectiva transdisciplinar y holística, se explora cómo la creatividad humana puede y debe ocupar un lugar central en el diseño de experiencias educativas mediadas por IA. Se argumenta que sólo mediante una comprensión ecológica del aprendizaje —que articule lo cognitivo, lo afectivo, lo ético y lo tecnológico— es posible construir entornos educativos verdaderamente transformadores.

La incorporación crítica y reflexiva de tecnologías inteligentes (IA) en los entornos educativos, bajo el concepto de una ecología del aprendizaje integral, permite no solo mejorar los procesos docentes, sino, lo cual no es menos importante, también fomentar el desarrollo de competencias éticas, creativas y relacionales, capaces de enfrentar los desafíos de la era digital de manera sostenible y humanista (Barrera et al., 2021).

Inspirada en los planteamientos de autores como Humberto Maturana y Francisco Varela, la noción de ecología del aprendizaje se aleja de visiones lineales y fragmentadas del conocimiento, para situarse en una lógica relacional, sistémica y situada (Maturana y Varela, 2002). En este marco, el aprendizaje no se concibe como la mera adquisición de contenidos, sino como un proceso emergente, dinámico y contextual, en el que intervienen múltiples actores humanos y no humanos.

En este contexto, la creatividad humana emerge como un eje fundamental para el planteamiento de experiencias de aprendizaje reveladoras, éticas y transformadoras. Lejos de ser una competencia exclusivamente artística, la creatividad se entiende aquí como una capacidad transversal para generar nuevas conexiones, resolver problemas complejos y construir sentido en entornos inciertos. Su fomento requiere condiciones pedagógicas que favorezcan la exploración, la colaboración, la reflexión crítica y el diálogo entre saberes.

Así, esta experiencia educativa se alinea a estrategias que abogan por una pedagogía ecosistémica, orientada al desarrollo global de las personas y al fortalecimiento de comunidades de aprendizaje resilientes, inclusivas y sostenibles. A través de este marco, se busca contribuir a la construcción de una cultura educativa que no solo integre tecnologías inteligentes, sino que las ponga al servicio del bien común, la equidad y la creatividad colectiva.

Objetivos de la investigación

Objetivos generales

Analizar críticamente el papel de la creatividad humana en el actual contexto de IA mediante el diseño de experiencias de aprendizaje integral sustentadas por tecnologías inteligentes, desde una perspectiva ecológica y transdisciplinar en el campo de la tecnología educativa.

Objetivos específicos

- Explorar los fundamentos teóricos de una ecología del aprendizaje aplicada a contextos educativos apoyados por IA.
- Examinar el impacto de las tecnologías inteligentes en las dinámicas pedagógicas y en la construcción del conocimiento y del aprendizaje.
- Identificar estrategias pedagógicas que promuevan la creatividad humana en entornos digitales complejos.
- Proponer lineamientos para una pedagogía ecosistémica orientada al desarrollo integral y al bien común.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en nuestro reciente taller de arquitectura ha sido la ecología del aprendizaje donde se potencia la capacidad del estudiante para aprender en contextos múltiples y con herramientas y tecnologías innovadoras como la IA.

Mediante la simulación de una situación – propuestas de nuevas configuraciones paisajísticas en el skyline de la ciudad de Madrid – en la que se trabaja en un breve período de tiempo, los estudiantes adquieren conocimientos y alcanzan las competencias de su aprendizaje mediante la acción.

El taller trabajó insertando intuitiva y plásticamente diversas torres y edificaciones en altura en el perfil de la ciudad, ayudado por la generación dirigida de imágenes mediante IA y su reconfiguración posterior por parte de los estudiantes (Porqueddu, 2024).

Figura 2. Paisaje de la cornisa de Madrid. Julio Cano Lasso. 1983



Participantes

Veinticinco (25) estudiantes del grado de Arquitectura de nuestra universidad, Universidad San Pablo CEU (USP-CEU), Escuela Politécnica Superior (EPS).

Instrumentos

La propuesta del taller exprés, Torres en el Horizonte Urbano –THU-, trata en un breve taller de 4 días de diseñar un nuevo perfil urbano en Madrid, partiendo de los magistrales dibujos del arquitecto Julio Cano Lasso de los años 80 del pasado siglo. Se realizaron dibujos y fotomontajes con la ayuda de la IA y la superposición de grafismos manuales.

Al taller fue invitado Diego Cano Pintos, hijo del maestro Julio Cano Lasso, y se trabajó simultáneamente con la generación dirigida de imágenes mediante IA y su reconfiguración posterior por parte de los estudiantes.

Figura 3. Taller THU, 2025



Figura 4. Taller THU. 2025



Procedimiento

El taller se realizó durante la primera semana de marzo de 2025.

- Martes 04. Introducción y presentación del taller, acompañados del arquitecto Diego Cano Pintos/organización de los equipos de trabajo (5-6 estudiantes). Búsqueda de referencias y primeras propuestas generadas con el programa Midjourney (IA), como desencadenantes de las propuestas.

- Miércoles 05. Visita física al estudio de arquitectura Cano Lasso arquitectos. Recorrido por el archivo histórico del estudio, organización y gestión del estudio, procesos de generación de diseños y proyectos. Vuelta al taller y jury intermedio de los distintos procesos.

- Jueves 06. Superposición de dibujos manuales con las imágenes generadas por IA. Manipulación y reelaboración de la producción creativa humana (dibujos y maquetas) y la producción creativa maquínica (códigos y algoritmos).

- Viernes 07. Conclusiones y exposición final con jury final. Síntesis final de los procesos paralelos realizados por los estudiantes y por la tecnología de la IA.

Análisis de los datos obtenidos

Se ha realizado un análisis cualitativo sobre la producción gráfica e infográfica de los estudiantes del taller en comparación con metodologías tradicionales docentes del proyecto arquitectónico.

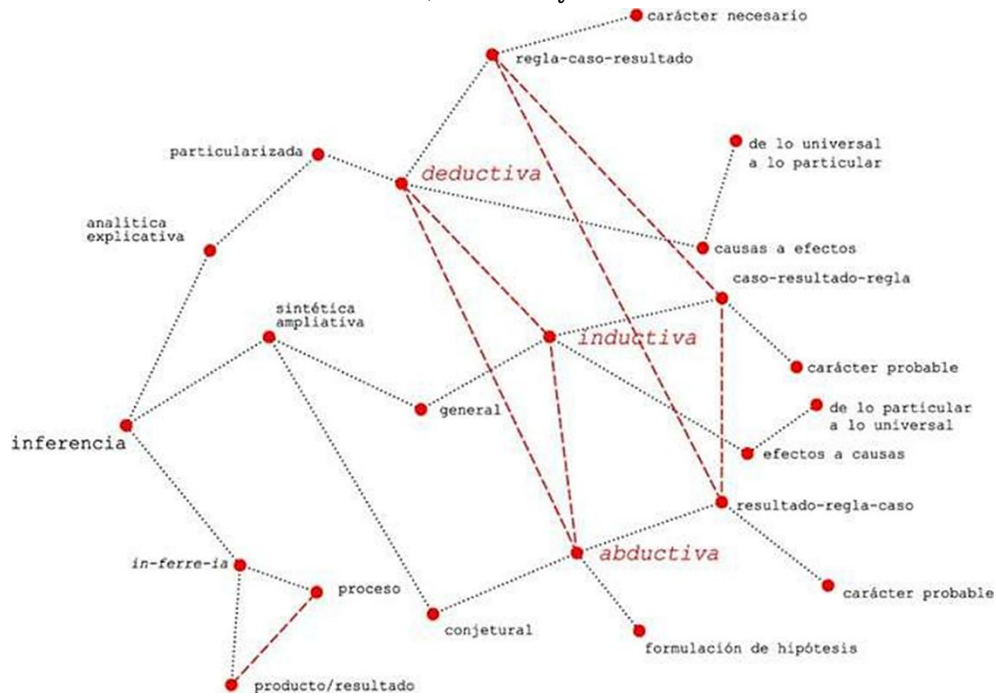
RESULTADOS

Dado que esta experiencia educativa tiene como objetivo general el análisis crítico del papel de la creatividad humana en el actual contexto de IA, conviene antes de analizar los resultados obtenidos hacer una somera reflexión sobre la Creatividad.

Entendemos que la Creatividad y sus distintos procedimientos asociados se muestran como un marco altamente operativo en su aplicación a los procesos de génesis y producción del proyecto y su aprendizaje (Iglesias, 2015). El acto creativo en la arquitectura muestra la superposición de un plano intuitivo e impredecible y otro razonado y pautado cuya simultaneidad o, al menos, coexistencia, nos ayudan a conocer y explicar el acto de proyectar en arquitectura. Hasta no hace mucho tiempo las únicas inferencias creativas contempladas eran la deducción y la inducción: La primera heredera de la tradición racionalista y la segunda de la empirista. A estas inferencias creativas se sumó a finales del siglo XIX la abducción (Charles Pierce), método que supone una disrupción en las lógicas deductivas e inductivas, introduciendo complejidad en el campo creativo. La abducción nos permitirá trabajar en los límites del razonamiento lógico o determinista y del razonamiento incierto, o indeterminado, manejando tanto certezas determinadas y como la certeza de las incertidumbres (Pía, 2015).

Hemos constatado en nuestro taller que la combinación de recursos tradicionales en el proyectar arquitectónico (uso de referencias, toma de datos del lugar, diagramas conceptuales, etc.) con los recursos de la IA tiene un potencial significativo para impulsar la creatividad en la educación: ha evolucionado de ser inicialmente un banco de información muy completo a ser capaz de interactuar y aprender del ser humano, lo cual resalta su capacidad para contribuir al desarrollo creativo (Brunetti, 2023).

Figura 5. Diagrama de funcionamiento de las inferencias deductiva, inductiva y abductiva

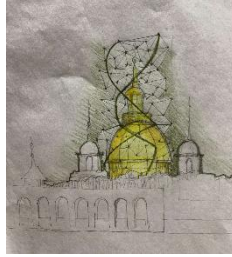


Los resultados obtenidos muestran que la IA ya es capaz de desempeñar un papel significativo como herramienta de apoyo en los procesos creativos y generativos, especialmente en el ámbito educativo (Demartini et al., 2024). No obstante, si bien la IA puede impulsar la eficacia y los logros de la creatividad, la raíz de la innovación y la originalidad sigue residiendo en el ser humano, al menos de momento, aunque probablemente siempre coexistirán en una constante retroalimentación.

Figura 6. Taller THU, 2025



Figura 7. Taller THU. 2025



Todo ello nos invita a reflexionar sobre el futuro de la educación superior, donde la IA será a buen seguro una herramienta fundamental para el desarrollo académico, profesional y creativo, sin sustituir el papel fundamental de la mente humana y su pensamiento crítico (Jing et al., 2023).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

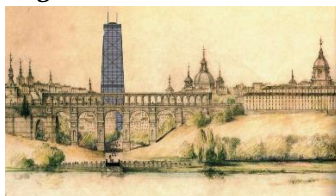
Analizando nuestra particular experiencia de taller creativo, la IA se muestra capaz de crear entornos de aprendizaje más eficaces, si bien se hace necesario no olvidar fomentar el pensamiento crítico en nuestros estudiantes para su preparación responsable como futuros profesionales ante los nuevos desafíos digitales.

Releyendo al magistral Jorge Luis Borges, quien en 1944 publicó "Ficciones", donde incluye el cuento "Tlön, Uqbar y Orbis Tertius" (Borges, 1944), descubrimos como el genio argentino describe premonitoriamente cómo un mundo ficticio y falso puede llegar a evolucionar e influir en la realidad hasta llegar incluso a reemplazarla. Intuye que, en poco más de cien años, el mundo tal y como lo conocemos actualmente será olvidado y sustituido por ese nuevo relato ficticio. La IA, en su gran capacidad para procesar y generar más y más información, se ha convertido casi sin darnos cuenta en un aliado imprescindible en muchas tareas de nuestra vida cotidiana; pero su potencial trasciende la mera automatización de tareas y puede llegar a transmitirnos información no veraz.

Figura 8. Taller THU. 2025



Figura 9. Taller THU. 2025



Hicimos una prueba preguntando a dos de las herramientas de IA más comunes, Copilot y Perplexity, porqué no son una fuente de información confiable. Copilot nos contestó (11 de julio de 2025):

Cuándo puedo ser confiable:

Síntesis de conocimiento: Puedo ayudarte a entender conceptos complejos, resumir artículos académicos, comparar teorías, etc.

Acceso a fuentes verificadas: Cuando es necesario, busco información en sitios confiables como JSTOR, Springer, organismos oficiales, etc.

Transparencia: Siempre que puedo, te doy enlaces a las fuentes originales para que verifiques por ti mismo.

Actualización constante: Tengo acceso a la web para buscar información reciente (como noticias, artículos, leyes, etc.).

Cuándo debes tener precaución:

No soy infalible: Aunque me esfuerzo por ser preciso, puedo cometer errores o malinterpretar una pregunta.

No sustituyo a expertos: En temas médicos, legales o financieros, siempre es mejor consultar con un profesional.

Dependo de mis fuentes: Si una fuente es poco confiable, la información puede estar sesgada o ser incorrecta.

¿Cómo saber si puedes confiar en lo que digo?:

Pido confirmación cuando algo puede tener varias interpretaciones.

Cito fuentes cuando es relevante.

Puedo ayudarte a evaluar la confiabilidad de una fuente o artículo si me lo compartes.

También puedo ayudarte en el proceso de aprendizaje y el desarrollo del pensamiento crítico.

Por su parte Perplexity nos contestó (11 de julio de 2025):

“Entiendo tus preocupaciones sobre la fiabilidad de mi información. Te doy algunas razones por las que deberías reconsiderar mis respuestas y cómo puedes evaluar su veracidad:

Interpretación de la información: Aunque me es fácil proporcionar respuestas basadas en patrones y datos, sin embargo, no tengo la capacidad de verificar la información en tiempo real o acceder a otras fuentes externas.

Contexto y matices: En ocasiones, la información puede carecer de contexto o matices relevantes, lo que puede alterar su interpretación.

No soy una fuente de información fiable por varias razones fundamentales relacionadas con las limitaciones inherentes a los modelos de inteligencia artificial y las buenas prácticas de investigación académica y periodística.

Falta de verificación en tiempo real: No puedo comprobar la información que proporciono en tiempo real ni acceder a otras fuentes externas mientras respondo. Genero respuestas a partir de patrones y datos previos que manejo, pero no puedo confirmar la precisión absoluta de cada dato con el que opero.

Posibilidad de errores: Puedo cometer errores en la interpretación o síntesis de información, y ocasionalmente puedo generar datos incorrectos o desactualizados.

No soy una fuente primaria ni secundaria: No produzco conocimiento original ni realizo investigaciones propias; mi función es sintetizar y presentar información existente, lo que me clasifica como una herramienta de apoyo, no como una fuente fiable por sí misma.

Por estas razones, siempre es recomendable verificar la información obtenida por medio de asistentes de IA consultando fuentes confiables, actualizadas y especializadas antes de considerarla verídica o tomar decisiones importantes basadas en ella”.

Estas respuestas de la IA nos advierten de sus limitaciones, aunque también puede ser muy útil en el proceso de aprendizaje y desarrollo del pensamiento crítico (Heikkilä, 2023).

El descubrimiento fundamental del taller realizado es mostrar la capacidad que la IA tiene como herramienta y recurso que potencian la creatividad humana y la educación: la IA puede, además de analizar y utilizar grandes cantidades de datos como referentes en el caso del diseño en arquitectura, acelerar y optimizar el proceso creativo y permitir un mayor desarrollo de la creatividad en el proyecto arquitectónico.

Figura 10. Taller THU. 2025



Figura 11. Taller THU. 2025



Figura 12. Taller THU. 2025



Debemos de ser conscientes que la IA es una poderosa herramienta en constante crecimiento y la clave será cómo somos capaces de integrarla en el proceso educativo para aumentar no solo nuestros conocimientos, sino también nuestras habilidades creativas y de pensamiento crítico: es capaz de ayudarnos a identificar rápidamente ámbitos de mejora, personalizar nuestro trabajo y agilizar el tiempo en la docencia. Por otra parte, se hace necesario fomentar en nuestros estudiantes el pensamiento crítico y ético en el uso de la IA: docentes y estudiantes debemos concienciarnos de cuestionar reflexivamente los algoritmos de la IA y advertir sus sesgos intrínsecos.

En definitiva, constatamos que la IA es una potente herramienta, pero su optimización, depende de su uso e integración en el proceso educativo y cómo nos sirve para ampliar conocimientos y habilidades de pensamiento crítico. La incorporación de la IA en el aprendizaje nos permitirá dotar de nuevas competencias a las generaciones futuras para enfrentarse a los retos del mundo digital con un pensamiento crítico y reflexivo. La IA puede ser de gran ayuda en nuestros procesos educativos si la utilizamos de manera ética y crítica (Zawacki-Richter et al., 2019).

El actual reto de la transformación de la enseñanza-aprendizaje radica en la integración de la IA con los procedimientos tradicionales para incentivar la creatividad en nuestros estudiantes dentro de un marco conceptual de ecología del aprendizaje, marco multicontextual y disruptivo (Arredondo, 2024). La IA es y será un aliado imprescindible en nuestros periplos educativos si la utilizamos y enseñamos a su uso de manera responsable y reflexiva (Naseer et al., 2024).

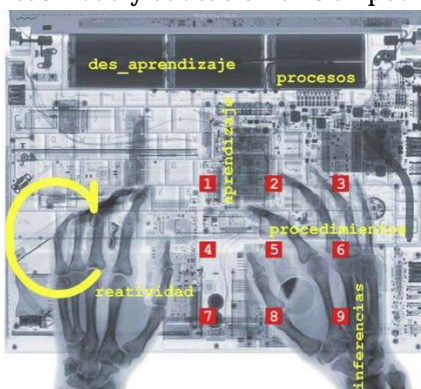
“En el lienzo gris del amanecer, se alzan majestuosas las torres, guardianas de historias y sueños, testigos mudos del tiempo.

Sus siluetas recortan el cielo, como gigantes de acero y cristal, reflejando en sus entrañas la vida que bulle a sus pies.

Cada torre es un faro, una promesa de alturas alcanzadas, de anhelos que se elevan más allá de lo terrenal.

En la quietud de la noche, sus luces titilan como estrellas, guiando a los errantes, susurrando secretos al viento. Las torres, eternas y firmes, son el alma de la ciudad, evocando en su presencia la grandeza del espíritu humano” (Texto generado por IA).

Figura 13. Creatividad y educación en tiempos de algoritmos



REFERENCIAS

Arredondo, L. A. L. (2024). Metaversidad como ecología de aprendizaje en la era del metaverso: Una revisión sistemática. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 79, 10-22.

Balcázar, H. (2023). *¿Miedo a la Inteligencia Artificial? Si la IA mejora la eficiencia, la personalización y la eficacia en muchos ámbitos, ¿a qué se debe el miedo que suscita?* Forbes. <https://forbes.es/empresas/293039/miedo-a-la-inteligencia-artificial/#:~:text=Y%2C%20por%20otro%20lado%2C%20quiz%C3%A1s,en%20manos%20de%20unos%20pocos>

Barrera, R. A., Montaña, R. M., Marín, P. E., y Chávez, J. E. (2021). Trabajo colaborativo y la ecología del aprendizaje. *Formación Universitaria*, 14(6), 3-12.

Bauman, Z. (2025). *Modernidad líquida*. Fondo de Cultura Económica de España, S.L.

Borges, J. L. (1944). Tlön, Uqbar, Orbis Tertius. En *Ficciones* (pp. 111-122). Emece Editores.

Brunetti, G. L. (2023). Evolutionary trends in the use of artificial intelligence in support of architectural design. *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, 25, 55-60. <https://doi.org/10.36253/techne-13739>

Costa, F. (2021). *Tecnoceno. Algoritmos, biohackers y nuevas formas de vida*. Taurus. <https://doi.org/10.15446/frdcp.n23.102946>

Demartini, C., Sciascia, L., Bosso, A., y Manuri, F. (2024). Artificial Intelligence Bringing Improvements to Adaptive Learning in Education: A Case Study. *Sustainability*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/su16031347>

Gardner, H. (2023). *Inteligencias múltiples*. Independently Published.

Haken, H. (1983). *Synergetics. An Introduction*. Springer-Verlag, Berlín.

Heikkilä, M. (2023). *La IA que promueve el pensamiento crítico para no creer bulos*. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.es/s/15341/la-ia-que-promueve-el-pensamiento-critico-para-no-creer-bulos>

Iglesias, C. M. (2015). *Aproximaciones y Procedimientos Creativos en los Procesos de Aprendizaje-Des aprendizaje Proyectual* [Tesis Doctoral, E.T.S. Arquitectura (UPM)]. Archivo digital UPM. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.40065>

Jia, N., Luo, X., Fang, Z., y Liao, C. (2024). When and How Artificial Intelligence Augments Employee Creativity. *AMJ*, 67, 5–32.

Jing, Y., Zhao, L., Zhu, K., Wang, H., Wang, C., y Xia, Q. (2023). Research Landscape of Adaptive Learning in Education: A Bibliometric Study on Research Publications from 2000 to 2022. *Sustainability*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043115>

Kaplan, J. (2016). *Artificial Intelligence: What Everyone Needs To Know*. Oxford University Press.

Koivisto, M. y Grassini, S. (2023). Best Humans Still Outperform Artificial Intelligence in a Creative Divergent Thinking Task. *Scientific Reports*, 13(1), 13601. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40858-3>

Ladino, D., Santana, L., Martínez, O., Bejarano, P., y Cabrera, D. (2016). Ecología de aprendizaje como herramienta de innovación educativa en educación superior. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 12, 517–521.

Lavandera, J.L. (2025). *Inteligencia artificial vs. inteligencia humana: Perspectiva actual desde la neurociencia. Lección magistral, apertura curso académico 2024-2025*. Universidad CEU San Pablo.

Lee, B. C. y Chung, J. J. (2024). An Empirical Investigation of the Impact of ChatGPT on Creativity. *Nature Human Behavior*, 8, 1906–1914.

Maturana, H. y Varela, F. (2002). *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del entendimiento humano*. Ed Universitaria, Santiago de Chile.

Medeiros, K., Cropley, D., Marrone, R., y Reiter-Palmon, R. (2025). Human-AI Co-Creativity: Does ChatGPT Make Us More Creative? *The Journal of Creativity Behavior*, 59(2). <https://doi.org/10.1002/jocb.70022>

Michalski, R., Carbonell, J., y Mitchell, T. (1983). *Machine learning: An Artificial Intelligence approach*. Springer-Verlag. <https://archive.org/details/machinelearninga0000mich>

Morín, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.

Mosqueda, E. (2024). La inteligencia artificial como aliada del aprendizaje y el pensamiento crítico. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 16(32). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.20074751e.2024.32.89555>

Naseer, F., Khan, M. N., Tahir, M., Addas, A., y Aejaz, S. M. H. (2024). Integrating Deep Learning Techniques for Personalized Learning Pathways in Higher Education. *Heliyon*, 10(11), e32628. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32628>

Ocampo, D., Vélez, D., y Gutiérrez, N. E. (2024). Tecnologías convergentes, inteligencia artificial y las neurociencias en la formación de investigadores: una revisión sistemática. *Sociedad & Tecnología*, 7(S1), 210-230.

Pía, M. C. (2015). *Abducción, método científico e Historia. Un acercamiento al Pensamiento de Charles Pierce*. <http://revistapaginas.unr.edu.ar/index.php/RevPaginas>

Porqueddu, C. (2024). *L'Impatto dell'Intelligenza Artificiale nei Processi di Progettazione Architettonica: Analisi critica degli applicativi a supporto del progettista* [Tesis Doctoral, Politecnico di Torino].

Russell, S. y Norvig, P. (2022). *¿Qué es la Inteligencia Artificial? ¿Somos conscientes de los retos y principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial?* Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>

Russell, S. y Norvig, P. (2022). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.

Selwyng, N. (2022). Education and Technology: Key issues and debates. *International Review of Education*, 69, 635-636. <https://doi.org/10.1007/s11159-022-09971-9>

Williamson, B. (2017). *Big Data en educación. El futuro digital del aprendizaje, la política y la práctica*. Morata.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education –where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

CAPÍTULO 8

EVALUACIÓN CONTINUA Y APRENDIZAJE ACTIVO MEDIANTE PREGUNTAS CLOZE GENERADAS CON MATLAB EN UN MÁSTER DE INGENIERÍA

MARÍA ZULIMA FERNÁNDEZ MUÑOZ Y ANA CERNEA CORBEANU
Universidad de Oviedo

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza universitaria de nivel máster, especialmente en titulaciones técnicas, se plantea un desafío constante: cómo garantizar la comprensión profunda de modelos matemáticos avanzados al mismo tiempo que se desarrollan competencias aplicadas en programación, análisis de datos y resolución de problemas reales.

La asignatura Modelización Matemática ejemplifica esta tensión: combina formulación teórica rigurosa, uso intensivo de herramientas computacionales y análisis de resultados en contextos prácticos. En este entorno, las estrategias tradicionales de enseñanza, centradas en la exposición magistral o en ejercicios resueltos, resultan insuficientes para promover autonomía, pensamiento crítico y aprendizaje significativo.

Numerosos estudios han demostrado que las metodologías de aprendizaje activo mejoran de forma consistente el rendimiento y la implicación del alumnado en ciencias e ingeniería (Prince, 2004; Freeman et al., 2014).

En este contexto, las preguntas tipo CLOZE se revelan como un recurso pedagógico valioso. Su formato consiste en enunciados con huecos estratégicamente seleccionados, que el estudiante debe completar con fórmulas, parámetros o razonamientos parciales. A diferencia de un problema convencional, este tipo de preguntas focaliza la atención en pasos intermedios clave del razonamiento matemático, permitiendo una evaluación más granular y un aprendizaje más activo.

Aunque el formato CLOZE es habitual en disciplinas lingüísticas, su adaptación al ámbito de la modelización matemática y la ingeniería abre nuevas posibilidades didácticas: facilita la transición de la formulación continua a la implementación numérica, promueve la precisión conceptual y ofrece retroalimentación inmediata. Este capítulo explora esta adaptación en profundidad, aplicándola al estudio de la ecuación de calor en una placa bidimensional como caso didáctico central.

Estudios previos ya han señalado el potencial de las preguntas tipo CLOZE para la evaluación formativa y el aprendizaje en distintos contextos académicos (Mateos de la Nava y Marcos Alsina, 2013).

En los últimos años se ha producido un desarrollo notable en la generación automática de preguntas y en técnicas de creación dirigida de ítems para sistemas adaptativos, lo que facilita la generación masiva y parametrizada de CLOZE con criterios pedagógicos (relevancia, dificultad, tipo de hueco). Estas líneas de trabajo han sido objeto de revisiones recientes y de propuestas concretas para su uso en entornos de enseñanza STEM (Al Faraby et al., 2024; Mulla, 2023; Srivastava et al., 2021).

MARCO PEDAGÓGICO: INNOVACIÓN DOCENTE APLICADA

La propuesta se sustenta en cinco principios pedagógicos clave que orientan el diseño de las actividades:

Aprendizaje estructurado por niveles de dominio

El itinerario docente se organiza en etapas progresivas (mastery learning), de modo que cada bloque debe superarse antes de avanzar al siguiente. Esto asegura que los estudiantes consoliden cada competencia (comprensión conceptual, discretización, implementación, análisis de resultados) de forma secuencial.

Gamificación significativa

El diseño incorpora elementos de gamificación, pero centrados en logros de aprendizaje y no en recompensas superficiales. Por ejemplo, una simulación en MATLAB solo se desbloquea cuando el estudiante ha resuelto correctamente las preguntas CLOZE previas que validan la comprensión de la teoría. Esto fomenta motivación intrínseca, autonomía y sentido de competencia.

La literatura sobre gamificación muestra efectos positivos en motivación y participación aunque con resultados heterogéneos en rendimiento académico; por ello es recomendable diseñar elementos de juego centrados en la pedagogía y no en recompensas puramente extrínsecas (Hamari et al., 2014; Domínguez et al., 2013).

Evaluación automática, continua y significativa

El formato CLOZE se integra fácilmente en Moodle o MATLAB Live Script, permitiendo retroalimentación instantánea, puntuación parcial y análisis estadístico del rendimiento. Esto facilita al profesorado realizar un seguimiento continuo sin incrementar su carga de corrección.

Aprendizaje activo con retroalimentación contextualizada

Cada error puede asociarse a una pista o explicación automática, de modo que el fallo se convierte en una oportunidad formativa. Así se estimula la metacognición y se guía al estudiante en la reconstrucción del razonamiento correcto.

Adaptación al aprendizaje autónomo y diferenciado

Las preguntas CLOZE se generan con parámetros aleatorios (por ejemplo, distintos valores de α , Δx o Δt), lo que permite variar el nivel de dificultad y favorecer el aprendizaje autónomo. De este modo, cada estudiante progresa a su ritmo, reforzando debilidades específicas y desarrollando hábitos de autoevaluación.

IMPLEMENTACIÓN EN LA ASIGNATURA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

Tema de trabajo: la ecuación del calor en 2D

El caso elegido para ejemplificar la metodología es la ecuación de transferencia de calor en dos dimensiones, un modelo clásico de la ingeniería térmica que combina formulación matemática, interpretación física y resolución numérica.

La ecuación diferencial en derivadas parciales (EDP) que describe este fenómeno es:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

donde:

- $u(x, y, t)$ representa la temperatura en la posición (x, y) y tiempo t ,
- α es la difusividad térmica del material, definida como $\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$, con k conductividad térmica, ρ densidad y c_p calor específico.

Dependiendo de la variación temporal, se distinguen dos casos:

- Estacionario $\partial u / \partial t = 0$: conduce a la ecuación de Laplace, que modela equilibrio térmico sin acumulación.
- No estacionario ($\partial u / \partial t \neq 0$): requiere condición inicial $u(x, y, 0) = f(x, y)$ y refleja la evolución temporal del calor en la placa.

Este modelo resulta especialmente adecuado para la docencia porque exige combinar:

1. Interpretación física,
2. Formulación matemática rigurosa, y
3. Herramientas numéricas y computacionales para su resolución.

Desde un punto de vista formativo, este modelo no solo ilustra conceptos físicos relevantes, sino que permite al alumnado experimentar la transición entre teoría abstracta y práctica computacional, lo que constituye un objetivo clave de la docencia en máster.

Itinerario didáctico en cinco etapas

El aprendizaje del modelo se estructura como un itinerario gamificado, donde cada etapa corresponde a un nivel de dominio y se desbloquea mediante la resolución de preguntas CLOZE:

Etapla 1: Comprensión conceptual

- Diferenciación entre caso estacionario (Laplace) y no estacionario.
- Interpretación física del parámetro α .
- Preguntas CLOZE sobre unidades, significado de $\partial u / \partial t$.

Etapla 2: Discretización espacial y temporal

- Introducción al método de diferencias finitas.
- Aproximación de derivadas segundas con diferencias centradas:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \approx \frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{\Delta x^2}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \approx \frac{u_{i,j+1} - 2u_{i,j} + u_{i,j-1}}{\Delta y^2}.$$

Preguntas CLOZE guiando paso a paso la deducción del esquema en malla.

Etapla 3: Estabilidad numérica y criterio CFL

Para el esquema explícito (FTCS):

$$u_{i,j}^{n+1} = u_{i,j}^n + r(u_{i+1,j}^n + u_{i-1,j}^n + u_{i,j+1}^n + u_{i,j-1}^n - 4u_{i,j}^n), \quad r = \frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2}.$$

Criterio CFL en 2D:

$$\frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} + \frac{\alpha \Delta t}{\Delta y^2} \leq \frac{1}{2}.$$

Preguntas CLOZE sobre significado del criterio y consecuencias de incumplirlo (inestabilidad numérica).

Etapla 4: Comparación de métodos

Introducción a esquemas implícitos (Euler, Crank-Nicholson), incondicionalmente estables pero con mayor coste computacional.

Visualización en MATLAB de diferencias de rendimiento entre explícito e implícito.

Preguntas CLOZE para identificar ventajas y limitaciones de cada esquema.

Etapla 5: Métodos iterativos y aceleración

Problemas con mallados finos – necesidad de resolver sistemas lineales grandes.

Introducción a métodos iterativos:

Gauss-Seidel: actualización sucesiva de temperaturas.

SOR (Successive Over-Relaxation): mejora de convergencia con factor ω .

Gradiente Conjugado (GC) con preconditionadores.

Preguntas CLOZE orientadas a completar fórmulas iterativas, interpretar el papel de ω y analizar convergencia.

Material de apoyo extraído del PDF

Para enriquecer la propuesta, se integran tablas comparativas adaptadas del documento técnico:

Tabla 1. Método explícito vs implícito en la ecuación del calor

Método	Estabilidad	Complejidad computacional
Explícito (FTCS)	Condicionado por CFL ($r \leq 1/2$)	Bajo $O(N^2)$
Implícito (Euler/CN)	Incondicionalmente estable	Alto $O(N^3)$ en peor caso

Tabla 2. Métodos iterativos para el sistema implícito

Método	Convergencia	Coste por iteración	Uso en mallas finas
Gauss-Seidel	Lenta	$O(N^2)$	Regular
SOR ($\omega > 1$)	Más rápida	$O(N^2)$	Recomendada
Gradiente Conjugado	Muy rápida en dispersas	$O(N \log N)$	Excelente opción

Estas tablas sirven como material didáctico para reforzar competencias de análisis comparativo y guiar al estudiante hacia una comprensión más crítica de las herramientas numéricas.

EJEMPLOS DE PREGUNTAS CLOZE

El diseño de estas preguntas no busca únicamente comprobar la corrección matemática, sino guiar el razonamiento paso a paso y ayudar al alumnado a reflexionar sobre su propio modo de pensar y resolver los problemas.

Ejemplo en 1D (difusión unidimensional)

Para introducir el concepto de discretización y estabilidad en un contexto más accesible, se comienza con la ecuación del calor en una dimensión:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

En una malla regular con paso h , el esquema explícito (FTCS) se formula como:

$$u_i^{n+1} = u_i^n + r(u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n), \quad r = \frac{\alpha \Delta t}{h^2}.$$

A partir de esta expresión, se pueden diseñar preguntas CLOZE que guíen el razonamiento del alumnado:

Pregunta CLOZE 1 (interpretación física)

El parámetro r depende de α , Δt y h . Físicamente, representa la relación entre:

Respuesta esperada: la difusión térmica y la discretización temporal/espacial.

Pregunta CLOZE 2 (discretización)

La segunda derivada en diferencias centradas se aproxima como:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \approx \frac{\text{---} - 2u_i + \text{---}}{h^2}.$$

Respuesta esperada: u_{i+1} y u_{i-1} .

Pregunta CLOZE 3 (criterio de estabilidad)

Para que el esquema explícito sea estable, el parámetro r debe cumplir:

Respuesta esperada: $r \leq \frac{1}{2}$.

Este ejemplo sencillo permite a los estudiantes familiarizarse con la lógica de las preguntas CLOZE antes de abordar el caso bidimensional, donde aparecen más términos y condiciones de estabilidad más estrictas.

Ejemplo en 2D (caso completo)

A continuación, se presentan preguntas CLOZE diseñadas a partir de la ecuación del calor en dos dimensiones y su resolución numérica. Están estructuradas en torno a seis bloques conceptuales: interpretación física, discretización, esquema explícito, condición CFL, comparación de métodos y resolución iterativa.

Preguntas sobre interpretación física

Pregunta CLOZE 1

El término $\frac{\partial u}{\partial t}$ en la ecuación de calor representa:

Respuesta esperada: La tasa de variación temporal de la temperatura en un punto del dominio.

Pregunta CLOZE 2

El parámetro $\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$ se denomina difusividad térmica y sus unidades en el SI son:

Respuesta esperada: m^2/s .

*Preguntas sobre discretización (Laplaciano 2D)**Pregunta CLOZE 3*

En diferencias finitas, el operador laplaciano en una malla regular de paso h se aproxima por:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \approx \frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{h^2} + \text{_____}$$

Respuesta esperada: $\frac{u_{i,j+1} - 2u_{i,j} + u_{i,j-1}}{h^2}$.

*Preguntas sobre esquema explícito (Euler FTCS)**Pregunta CLOZE 4*

El esquema explícito (FTCS) para la ecuación del calor en 2D se expresa como:

$$u_{i,j}^{n+1} = u_{i,j}^n + r(u_{i+1,j}^n + u_{i-1,j}^n + u_{i,j+1}^n + u_{i,j-1}^n - \text{_____})$$

(Complete el término central negativo).

Respuesta esperada: $4u_{i,j}^n$.

*Preguntas sobre condición CFL**Pregunta CLOZE 5:*

Para garantizar la estabilidad numérica, el criterio de Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) en 2D impone:

$$\frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} + \frac{\alpha \Delta t}{\Delta y^2} \leq \text{_____}$$

Respuesta esperada: $\frac{1}{2}$

*Preguntas sobre comparación de métodos**Pregunta CLOZE 6*

El método explícito (FTCS) es sencillo de implementar pero requiere que el paso de tiempo satisfaga la condición:

Respuesta esperada: CFL ($\alpha \Delta t / \Delta x^2 + \alpha \Delta t / \Delta y^2 \leq 1/2$).

Pregunta CLOZE

Los métodos implícitos (Euler implícito, Crank-Nicholson) son:

_____ en términos de estabilidad, pero más costosos computacionalmente.

Respuesta esperada: Incondicionalmente estables.

Preguntas sobre métodos iterativos

Pregunta CLOZE 8 (Gauss-Seidel)

El esquema iterativo de Gauss-Seidel actualiza cada componente según:

$$U_i^{(k+1)} = \frac{1}{A_{ii}} \left(b_i - \sum_{j<i} A_{ij} U_j^{(k+1)} - \sum_{j>i} A_{ij} U_j^{(k)} \right)$$

En esta fórmula, el estudiante debe completar el denominador A_{ii} .

Respuesta esperada: A_{ii} .

Pregunta CLOZE 9 (SOR)

El método de Sobrerrelajación Sucesiva (SOR) introduce un factor ω y se escribe como:

$$U_i^{(k+1)} = (1 - \omega)U_i^{(k)} + \frac{\omega}{A_{ii}} \left(b_i - \sum_{j<i} A_{ij} U_j^{(k+1)} - \sum_{j>i} A_{ij} U_j^{(k)} \right)$$

Si $\omega = 1$, el método se reduce a:

Respuesta esperada: Gauss-Seidel.

Pregunta CLOZE 10 (interpretación de ω)

Un valor de ω mayor que 1 produce:

Respuesta esperada: Sobrerrelajación (acelera la convergencia).

BENEFICIOS FORMATIVOS Y TRANSVERSALES

La introducción de preguntas tipo CLOZE en la enseñanza de la Modelización Matemática no solo aporta valor en términos de innovación docente, sino que también incide directamente en la formación integral de los estudiantes de máster. Entre los principales beneficios destacan:

Razonamiento matemático y rigor formal

El formato CLOZE obliga a completar expresiones, parámetros y términos intermedios de manera precisa. Este enfoque refuerza la correcta notación, la atención a los detalles y la capacidad de argumentar cada paso del razonamiento matemático. En problemas complejos como la ecuación del calor en 2D, la práctica continua con huecos estratégicos ayuda a detectar errores conceptuales antes de que se propaguen a lo largo de todo el desarrollo.

Transferencia entre teoría y práctica computacional

Las preguntas CLOZE se insertan directamente en códigos MATLAB, lo que facilita el tránsito desde la formulación teórica (EDP, discretización, condiciones CFL) hacia su implementación computacional. El alumnado aprende a reconocer cómo cada término de la ecuación se traduce en un bloque de código, consolidando la relación entre el modelo matemático y la simulación numérica.

Aprendizaje autónomo y autoevaluación

La posibilidad de practicar con variaciones de parámetros y preguntas aleatorias fomenta la autoevaluación y la consolidación progresiva de conocimientos. El alumnado puede practicar fuera del aula, detectar sus errores en tiempo real y reforzar contenidos de manera personalizada. Esto resulta especialmente relevante en estudios de máster, donde se espera un mayor grado de autonomía.

Competencias técnicas en programación y simulación

La resolución de actividades CLOZE entrena simultáneamente competencias matemáticas y digitales, reforzando la programación y el análisis de resultados en MATLAB. Esto contribuye a una formación más completa y alineada con las exigencias profesionales actuales en ingeniería.

Personalización del aprendizaje en máster

Los perfiles de ingreso en máster son heterogéneos, con estudiantes provenientes de itinerarios formativos diversos. La parametrización aleatoria de las preguntas CLOZE y la posibilidad de diseñar itinerarios progresivos permiten adaptar la dificultad a distintos niveles, evitando tanto la desmotivación de los más avanzados como la frustración de quienes requieren un refuerzo conceptual.

En conjunto, estos beneficios posicionan el enfoque CLOZE como una herramienta eficaz para integrar el aprendizaje matemático riguroso, el entrenamiento computacional y el desarrollo de competencias transversales, en sintonía con los objetivos formativos de un máster de ingeniería.

EVALUACIÓN Y PERSPECTIVAS

La aplicación de preguntas tipo CLOZE en la asignatura Modelización Matemática ha mostrado un alto potencial como estrategia de aprendizaje activo y evaluación formativa, especialmente en el contexto del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Aunque la experiencia todavía se encuentra en fase de consolidación, los primeros resultados apuntan a varios impactos positivos tanto en el alumnado como en el profesorado.

Impacto en el alumnado

- Mayor implicación y atención al detalle. Las actividades CLOZE han favorecido la concentración en pasos intermedios críticos, como la interpretación del parámetro de difusividad α , la formulación del laplaciano en diferencias finitas o la condición CFL. Estos aspectos, que habitualmente pasan desapercibidos en ejercicios tradicionales, se convierten en hitos de aprendizaje.
- Gestión de la heterogeneidad. Gracias a la retroalimentación inmediata y a la parametrización variable de las preguntas, los estudiantes avanzan a su propio ritmo, reduciendo la brecha entre quienes presentan una base matemática sólida y quienes requieren mayor refuerzo.
- Refuerzo de la motivación intrínseca. La gamificación mediante desbloqueo progresivo de simulaciones en MATLAB se percibe como un aliciente formativo, más allá de la mera evaluación. En la encuesta aplicada a 18 estudiantes del curso 2023–24, el 83 % manifestó que las preguntas CLOZE les ayudaron “bastante” o “mucho” a comprender los conceptos matemáticos, mientras que un 72 % valoró positivamente la retroalimentación inmediata como herramienta de autoevaluación. Asimismo, las calificaciones medias en la parte de modelización matemática del examen final aumentaron un 12 % respecto al curso anterior sin esta metodología.

Valor para el profesorado

- Diagnóstico de errores conceptuales. El análisis de las respuestas a las CLOZE permite identificar patrones de error recurrentes (por ejemplo, confusiones en la formulación del criterio de estabilidad o en la interpretación de ω en SOR). Esto facilita la adaptación dinámica de las clases.
- Diseño didáctico estructurado. La planificación de las actividades en forma de itinerario obliga a secuenciar la enseñanza de manera más clara, lo que mejora la coherencia pedagógica del curso.
- Optimización del tiempo. Al automatizar parte de la corrección y la retroalimentación, se libera tiempo docente que puede dedicarse a tutorías individualizadas o a actividades de análisis más avanzado.

Perspectivas de mejora

De cara a próximas ediciones de la asignatura, se plantean varias líneas de desarrollo:

1. Generación automática de CLOZE a partir de documentos LaTeX o scripts de MATLAB, mediante plantillas parametrizadas que reduzcan el esfuerzo inicial de diseño. La viabilidad de esta automatización ya ha sido explorada en otros

entornos virtuales de aprendizaje mediante software especializado (Gangur, 2011; Vílchez Quesada y Ávila Herrera, 2024), lo que avala su integración futura en asignaturas técnicas de ingeniería.

2. Integración con rúbricas competenciales, para evaluar no solo la corrección matemática, sino también la claridad en la justificación, la coherencia del razonamiento y la transferencia al ámbito profesional.
3. Encuestas de percepción estudiantil, con el fin de evaluar de forma cualitativa la motivación, la dificultad percibida y el grado de utilidad para la formación. Este tipo de instrumentos ya se han mostrado efectivos en contextos de ingeniería y STEM (Wang, 2025).
4. Extensión del enfoque a otras asignaturas de carácter técnico, especialmente aquellas que combinan formulación matemática, programación y simulación (p. ej., mecánica de fluidos, elasticidad computacional).

En conjunto, la evidencia preliminar indica que el enfoque CLOZE constituye una herramienta eficaz y sostenible para integrar la evaluación continua, la innovación docente y la formación de competencias avanzadas en el ámbito de la ingeniería.

CONCLUSIONES

La incorporación de preguntas tipo CLOZE en la asignatura Modelización Matemática del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos ha demostrado ser una estrategia pedagógica eficaz para integrar rigor técnico, aprendizaje activo y evaluación continua.

Los ejemplos desarrollados en torno a la ecuación de transferencia de calor en 2D muestran cómo es posible guiar al alumnado a través de los distintos niveles de complejidad, desde la interpretación física hasta la implementación computacional, mediante actividades que segmentan el razonamiento en pasos intermedios clave.

Este enfoque presenta varias ventajas complementarias:

- Favorece la atención sostenida y el rigor formal, al exigir precisión en notación y formulación.
- Facilita la transferencia de conocimientos entre la teoría matemática y la simulación en MATLAB.
- Promueve el aprendizaje autónomo, gracias a la retroalimentación inmediata y a la generación parametrizada de actividades.
- Refuerza competencias técnicas esenciales, como la programación numérica y la interpretación de resultados de simulaciones.

Asimismo, la propuesta se alinea con las demandas actuales de la docencia universitaria en ingeniería, que requiere metodologías activas, evaluaciones flexibles y herramientas digitales sostenibles.

En conclusión, el enfoque CLOZE no solo enriquece la experiencia formativa del estudiante, sino que constituye también una herramienta replicable en otras asignaturas técnicas que combinan formulación matemática y computación. Su aplicación contribuye a preparar a los futuros ingenieros para afrontar problemas complejos con una combinación equilibrada de rigor, creatividad y autonomía profesional.

Este equilibrio entre el rigor matemático y el acompañamiento pedagógico sitúa la propuesta en la intersección entre innovación didáctica y formación técnica especializada.

MATERIAL COMPLEMENTARIO

Tipología de huecos CLOZE en modelización matemática

El diseño de huecos en preguntas CLOZE permite orientar el aprendizaje hacia distintas competencias. La siguiente tabla resume ejemplos aplicados a la modelización de la ecuación del calor:

Tabla 3. Ejemplos de preguntas CLOZE sobre la ecuación del calor

Tipo de hueco CLOZE	Ejemplo	Competencia asociada
Operadores matemáticos	Completar derivadas o discretizaciones ($\partial^2 u / \partial x^2$)	Comprensión formal
Parámetros físicos	Identificar unidades de α o valores límite de CFL	Conexión física-matemática
Fragmentos de código	Rellenar líneas clave en scripts de simulación	Implementación computacional
Condiciones de contorno	Justificar valores en los bordes de la placa	Análisis de restricciones
Pasos intermedios	Completar fórmulas parciales en esquemas FTCS o SOR	Razonamiento lógico-matemático

Scripts MATLAB con huecos CLOZE

Ejemplo 1. Esquema explícito (FTCS) en 2D

La actividad solicita completar los términos clave del modelo y verificar el cumplimiento del criterio de estabilidad CFL. Este formato interactivo permite la retroalimentación inmediata y refuerza la comprensión paso a paso del método numérico, favoreciendo el aprendizaje activo y la autoevaluación.

Figura 1. Captura de la interfaz de Moodle en la que se presenta una pregunta tipo CLOZE diseñada para guiar al alumnado en la formulación del esquema explícito (FTCS) de la ecuación del calor en 2D

Considera la ecuación del calor 2D resuelta con el método explícito FTCS:

$$\frac{U_{ij}^{n+1} - U_{ij}^n}{\Delta t} = \alpha \left(\frac{U_{i+1,j}^n - 2U_{ij}^n + U_{i-1,j}^n}{\Delta x^2} + \frac{U_{i,j+1}^n - 2U_{ij}^n + U_{i,j-1}^n}{\Delta y^2} \right)$$

a) Difusividad térmica: m^2/s

b) Tamaños espaciales: $\Delta x =$, $\Delta y =$

c) Paso de tiempo máximo que cumple el criterio de estabilidad: s

d) Número de pasos necesarios hasta $T = 0.05$ s:

e) Cuál es el papel del término $-2 U(i,j)$ en el esquema FTCS?

- Pérdida hacia vecinos
- Término central que resta $2 U(i,j)$
- Aumenta temperatura local

Ejemplo 2. Esquema implícito con matriz dispersa e iterativos

El estudiante debe completar expresiones relacionadas con la formulación matricial dispersa y los métodos iterativos de resolución (Gauss-Seidel, SOR o Gradiente Conjugado). Esta actividad fomenta la comprensión conceptual del proceso iterativo, la interpretación de la convergencia y la comparación crítica con el esquema explícito, consolidando la transferencia entre teoría y simulación numérica.

Figura 2. Captura de la interfaz de Moodle correspondiente a una pregunta tipo CLOZE sobre la resolución implícita de la ecuación del calor en 2D

Partiendo de la ecuación del calor 2D resuelta con el método implícito (Euler back

$$U^{n+1} = U^n + \Delta t \alpha \left(\frac{U_{i+1,j}^{n+1} - 2U_{i,j}^{n+1} + U_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{U_{i,j+1}^{n+1} - 2U_{i,j}^{n+1} + U_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y^2} \right)$$

a) Difusividad térmica: m^2/s

b) Paso temporal empleado: s

d) ¿Qué tipo de método se usa cuando $w = 1$ en la resolución iterativa?

Método de Gauss-Seidel con $w=1$ (caso particular del SOR)

Método explícito inestable

Iteración de Jacobi para Δt pequeño

[Terminar cuestionario...](#)

Encuesta de percepción estudiantil (opcional)

Encuesta sobre el uso de preguntas CLOZE en Modelización Matemática:

¿Las preguntas CLOZE te ayudaron a comprender mejor los conceptos matemáticos?

Nada / Poco / Regular / Bastante / Mucho.

¿Cómo calificarías la dificultad de las preguntas CLOZE propuestas?

Demasiado fácil / Fácil / Adecuada / Difícil / Demasiado difícil.

¿Favorecieron tu aprendizaje activo durante las clases/prácticas?

Nada / Poco / Regular / Bastante / Mucho.

¿Te motivaron a prestar atención a los detalles del proceso de modelización?

Nada / Poco / Regular / Bastante / Mucho.

¿Cómo valoras la utilidad de recibir retroalimentación inmediata en estas actividades?

Nada útil / Poco útil / Regular / Útil / Muy útil.

¿Crees que estas actividades te preparan mejor para resolver problemas reales en ingeniería?

Nada / Poco / Regular / Bastante / Mucho.

Comentarios o sugerencias:

(Respuesta abierta).

REFERENCIAS

- Al Faraby, S., Adiwijaya, A., y Romadhony, A. (2024). Review on Neural Question Generation for Education Purposes. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34, 1008–1045. <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00374-x>
- Domínguez, A., Saenz-De-Navarrete, J., De-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., y Martínez-Herráiz, J.J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers and Education*, 63, 380-392. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., y Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gangur, M. (2011). Automatic Generation of Cloze Questions. En *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Supported Education* (pp. 264-269). CSEDU. <https://doi.org/10.5220/0003339102640269>
- Hamari, J., Koivisto, J., y Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. En *47th Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa, HI, USA* (pp. 3025-3034). IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Mateos de la Nava, I. y Marcos Alsina, S. (2013). *Las Preguntas 'Cloze' y la Evaluación para el Aprendizaje: Diseño y aplicación*. Editorial: Universidad Europea de Madrid. <http://hdl.handle.net/11268/1993>
- Mulla, N. y Gharpure, P. (2023). Automatic question generation: a review of methodologies, datasets, evaluation metrics, and applications. *Progress in Artificial Intelligence*, 12, 1–32. <https://doi.org/10.1007/s13748-023-00295-9>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Srivastava, M. y Goodman, N. (2021). Question Generation for Adaptive Education. En *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing* (Volume 2, Short Papers, pp. 692–701). Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2021.acl-short.88.pdf>
- Vílchez Quesada, E. y Ávila Herrera, J.F. (2024). Generación de Código para la Elaboración de Preguntas Tipo Cloze en Moodle usando usando Wolfram Mathematica. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet* 2024, 24(1). <https://www.redalyc.org/journal/6079/607974617001/607974617001.pdf>
- Wang, X. (2025). Student's perceptions of automated writing evaluation in autonomous learning. *Education and Information Technologies* 30(11), 14703-14735. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13378-y>

CAPÍTULO 9

LA GAMIFICACIÓN AL AIRE LIBRE COMO MEDIO PARA REFORZAR Y EVALUAR EL APRENDIZAJE

DUNIA ESTHER SANTIAGO GARCÍA, NOEMÍ MELIÁN MARTEL,
Y BEATRIZ DEL RÍO GAMERO
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

INTRODUCCIÓN

La incorporación de juegos, o gamificación, en el ámbito educativo suele acompañarse de un aumento de la motivación de los/as estudiantes y, consecuentemente, una promoción del aprendizaje. Además, esta técnica promueve la interacción entre el alumnado y, por ende, el trabajo en equipo. Los participantes se involucrarán más si se añaden recompensas al juego (Gobierno de Canarias, 2022).

Por otra parte, si el juego se desarrolla al aire libre, se puede aumentar el grado de compromiso, la colaboración entre estudiantes, y la adquisición de competencias profesionales en estudios superiores (Munge et al., 2018).

Pese a que las gymkhanas y las actividades al aire libre son técnicas conocidas y ampliamente aplicadas en niveles educativos básicos, como infantil, primaria y secundaria (Fornasiero et al., 2021), su uso en la educación universitaria está menos extendida y documentada. Así, de acuerdo con las bases de datos Web of Science (WOS) y Scopus, el número de artículos relacionados con las palabras clave “orienteering education, gymkhana, gymkana, yincana o gincana” y “outdoor learning, higher education” son escasas, tal como se muestra en la siguiente tabla (fecha de consulta de las bases de datos: 10 de octubre de 2025).

Tabla 1. Número de publicaciones relacionadas con el uso de gymkhanas o actividades al aire libre en educación superior

Palabras clave	Número de publicaciones
“orienteering, education” o “gymkhana”	142 (WOS), 166 (Scopus)
“outdoor learning” y “higher education”	475 (WOS), 257 (Scopus)

En los estudios de ingeniería, la resolución eficaz de casos prácticos que preparen al alumnado para posibles situaciones laborales es fundamental. Por ello, la motivación, implicación y participación del alumnado en la resolución de dichos casos prácticos es esencial para lograr un aprendizaje adecuado.

Por ello, este trabajo se centra en el diseño y empleo de técnicas de gamificación, en concreto el uso de la gymkhana al aire libre, para la interiorización de conceptos y metodologías clave por parte del estudiantado.

La actividad al aire libre escogida en este trabajo consiste en el desarrollo de una carrera de orientación, en el marco de una asignatura de ingeniería medioambiental, para evaluar la eficacia motivacional y académica de la introducción de dicha actividad y para aportar más datos, basados en la experiencia, a la comunidad educativa.

Concretamente, el trabajo aborda los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar y llevar a cabo la carrera de orientación con pruebas, que permitan al alumnado resolver un caso práctico.
- Fomentar el trabajo en equipo y la participación del alumnado.
- Incorporar la gamificación al proceso de evaluación del aprendizaje, otorgando un porcentaje de la calificación final a la resolución del caso práctico planteado. Con esto se pretende aumentar el nivel de satisfacción y motivación del alumnado mediante la realización de actividades de gamificación que repercutan directamente sobre su calificación final.

MÉTODO

La asignatura escogida para introducir esta actividad de gamificación fue Tecnologías del Medio Ambiente y Sostenibilidad II, de segundo curso, segundo semestre, del Grado en Ingeniería Electrónica. Dicha asignatura se imparte además en el Grado en Ingeniería Mecánica, con el mismo contenido, temporalización y docentes. En el Grado en Ingeniería Mecánica los estudiantes se dividen en dos grupos al cursar la asignatura. La gamificación se introdujo en el Grado en Ingeniería Electrónica durante el curso 2024/2025, empleándose los dos grupos de estudiantes del Grado en Ingeniería Mecánica como grupos de control.

La asignatura se divide en dos bloques temáticos. En el primer bloque temático se introduce al alumnado en las distintas tecnologías existentes para la producción de energía, enfocándose en las energías renovables, fundamentalmente en las marinas, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica y biomasa. Durante el curso el estudiantado se examina de una prueba de evaluación parcial que abarca dicho bloque, y este examen es liberatorio, guardándose la calificación hasta la convocatoria especial, inclusive.

En cursos anteriores, a pesar de mantener una adecuada coordinación horizontal entre las asignaturas de ambas titulaciones, se observó un elevado número de suspensos en el examen parcial. Por este motivo, se decidió introducir la actividad de gamificación una semana antes del examen parcial de la asignatura, con objeto de comprobar si esta acción repercutía sobre el resultado de los/as estudiantes en dicha prueba de evaluación.

La gymkhana consistió en una carrera de orientación que se desarrolló por parejas. La actividad fue voluntaria y el recorrido transcurrió al aire libre, exclusivamente por las inmediaciones de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Durante la carrera de orientación, los/as participantes recabaron documentación necesaria para completar un cuestionario posterior en Moodle. Cabe destacar que el cuestionario debía resolverse de forma individual. Esta actividad supuso hasta un máximo de un punto adicional sobre la calificación final del alumnado en la asignatura, sólo válido en la convocatoria ordinaria, siempre y cuando el alumnado hubiera superado la asignatura de acuerdo con los criterios de calificación establecidos en el proyecto docente.

La calificación de la prueba se calculó empleando la ecuación 1:

$$\text{Calificación} = X \cdot 0,4 + Y \cdot 0,6 \text{ (Ecuación 1)}$$

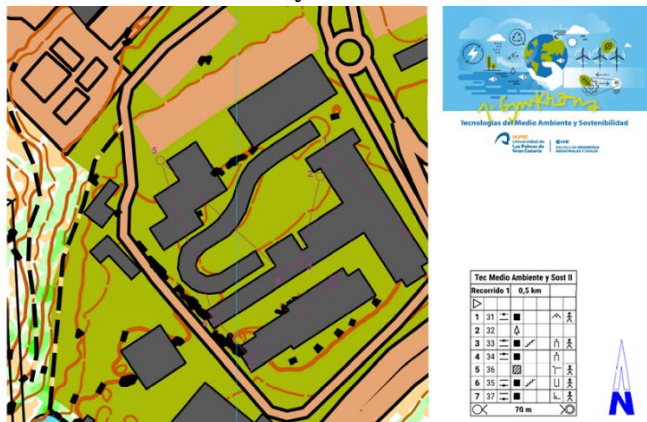
donde,

- $X = 1/x$, siendo x la posición del/de la participante o pareja por orden de finalización de la actividad.

- Y = la calificación individual que obtuvo el/la participante en el cuestionario.

En la Figura 1 se muestra el mapa de orientación empleado.

Figura 1. Mapa de orientación empleado en la Gymkhana en Tecnologías del Medio Ambiente y Sostenibilidad



Tras completar la actividad de gamificación, se pidió a los/as estudiantes que respondieran a una encuesta anónima para conocer su satisfacción con la actividad (encuesta CMELAC) (Manzano-León et al., 2021). El contenido de la *Encuesta CMELAC* se puede consultar en la Tabla 2. En la encuesta se empleó una *escala Likert* de 1 a 5, siendo 1 “muy en desacuerdo”, 2 “en desacuerdo”, 3 “ni de acuerdo ni en desacuerdo”, 4 “de acuerdo” y 5 “completamente de acuerdo”

La actividad de gamificación presentada en este estudio cuenta con la evaluación favorable del comité ético de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, con código CEIH-2023-12.

Tabla 2. Encuesta CMELAC (Manzano-León et al., 2021)

Piensa en la actividad lúdica realizada en esta asignatura y contesta:	
P1-	En general, he disfrutado de esta actividad lúdica
P2-	Repetiría este tipo de actividades
P3-	Me he sentido motivado/a
P4-	Mejoró mis conocimientos sobre la asignatura
P5-	Ha incrementado mi interés en la asignatura
P6-	Este formato de actividad ha sido apropiado para comprobar mis conocimientos de la asignatura
P7-	Me ayudó a identificar mis debilidades en la asignatura
P8-	Me ayudó a entender el contenido de la asignatura
P9-	Con este tipo de actividades aprendo más que en clases magistrales
P10-	Siento que pude relacionarme con mis compañeros/as de equipo para aprender
P11-	Aprendí de mis compañeros/as durante la actividad
P12-	Los elementos de juego me han parecido divertidos
P13-	Los elementos de juego me han motivado a la hora de realizar la actividad
P14-	Mientras jugaba no era consciente de lo que sucedía a mi alrededor
P15-	Me sentí capaz de realizar las actividades propuestas
P16-	Las actividades me parecieron reconfortantes y valiosas para mí

RESULTADOS

Los resultados se dividen en dos bloques. Por una parte, el análisis de la calificación obtenida en el cuestionario por los/as alumnos/as en función de si participaron o no en la gymkhana; y, por otra, el análisis de la satisfacción del alumnado con la actividad.

Las calificaciones obtenidas en el examen parcial de la asignatura, en el curso 2024/2025 por los/as estudiantes que participaron en la gymkhana versus los que no lo hicieron (grupos control) se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Calificaciones obtenidas en el examen parcial de la asignatura Tecnologías del Medio Ambiente y Sostenibilidad II

Curso académico	2024/2025 (grupo gymkhana)	2024/2025 (grupo control 1)	2024/2025 (grupo control 2)
Alumnos/as matriculados	27	29	32
Participantes gymkhana	70,37%	0%	0%
Calificación media	5,83 ± 1,85	5,22 ± 2,16	5,37 ± 2,24
Suspensos	21,05%	41,38%	43,75%

Un 70% de los/as alumnos/as participó en la actividad voluntaria. La calificación media de esos/as alumnos/as en el examen parcial de la asignatura fue de $5,88 \pm 1,90$, y el porcentaje de suspensos fue del 18,75%. Asimismo, el 84,22% de los/as

alumnos/as que participaron en la gymkhana acudieron al examen parcial, optando el 15,78% de estos/as alumnos/as por no presentarse a dicho examen.

Los datos mostrados en la Tabla 3 (grupo gymkhana) se corresponden con la calificación media y el porcentaje de suspensos de todo el grupo clase a quien se ofertó la posibilidad de participar en la actividad. En cuanto al alumnado de dicho grupo clase que no quiso participar en la gymkhana (8 personas en total), solamente 3 acudieron al examen parcial, obteniendo una calificación media de $5,57 \pm 1,83$ y un porcentaje de suspensos del 33,33%. En total, el 74,07% de los/as alumnos/as matriculados en el “grupo gymkhana” acudió al examen parcial.

En cuanto a los grupos control, el porcentaje de alumnos/as que acudió al examen parcial fue de 86,21% (grupo 1) y 78,12% (grupo 2).

Se realizó la prueba t de la muestra “grupo gymkhana” y “grupo control 1”, así como de la muestra “grupo gymkhana” y “grupo control 2”, y de la muestra “grupo control 1” y “grupo control 2”, obteniéndose un p-valor superior a 0,05 en los tres casos, por lo que se concluyó que, al 95% de confianza, no existe una diferencia significativa entre las calificaciones de los/as alumnos/as en función de su participación en la actividad lúdica.

Sin embargo, cabe destacar que el porcentaje de suspensos fue de entre el 41 y 44% para los/as estudiantes que no participaron en la gymkhana, mientras que este porcentaje fue notablemente menor (21,05%) para aquellos/as que sí participaron en la actividad de gamificación. Esto puede ser consecuencia de haber realizado la gymkhana una semana antes del examen parcial. De esta forma, el estudiantado pudo conocer de antemano la tipología de problemas que se esperaba que pudieran resolver en las pruebas de evaluación de la asignatura. Además, la gymkhana les pudo servir para poner en práctica los conocimientos adquiridos y conocer sus debilidades.

Los resultados de satisfacción con la actividad se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la encuesta CMELAC de satisfacción con la actividad

Ítem	1	2	3	4	5
P1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
P2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
P3	0,00	0,00	0,10	0,00	0,90
P4	0,00	0,00	0,30	0,20	0,50
P5	0,00	0,00	0,40	0,20	0,40
P6	0,00	0,00	0,20	0,40	0,60
P7	0,10	0,00	0,10	0,20	0,60
P8	0,00	0,00	0,30	0,40	0,30
P9	0,00	0,00	0,40	0,40	0,20
P10	0,00	0,00	0,40	0,10	0,50
P11	0,10	0,20	0,20	0,10	0,40

Tabla 4. Resultados de la encuesta CMELAC de satisfacción con la actividad
(continuación)

Ítem	1	2	3	4	5
P12	0,00	0,00	0,10	0,20	0,70
P13	0,00	0,00	0,10	0,20	0,70
P14	0,20	0,20	0,40	0,10	0,10
P15	0,00	0,00	0,10	0,40	0,50
P16	0,00	0,00	0,20	0,40	0,40

Se observó que el 100% del alumnado disfrutó y repetiría la actividad (P1 y P2), y el 90% se sintió muy motivado (P3). En línea con lo anterior, el 80% de los/as participantes coincidió en que los elementos de juego fueron divertidos y motivadores (P12 y P13). Además, el 70% indicó que la actividad promovió un aumento de su interés en la asignatura (P5). Asimismo, un 70% de los/as encuestados/as indicó que la actividad de gamificación le permitió mejorar sus conocimientos en la asignatura (P4). En ese sentido, el 80% de los/as alumnos/as que participó en la gymkhana sintió que la actividad le permitió poner a prueba sus conocimientos (P6) y conocer sus debilidades en la asignatura (P7). Esto podría haber influido en el hecho de que el porcentaje de aprobados en el examen parcial fue considerablemente mayor en este grupo de alumnos/as que en los grupos control.

El 70% del alumnado manifestó que la actividad le ayudó a entender el contenido de la asignatura (P8) y el 60% indicó que aprende más con este tipo de actividades que en clases magistrales (P9). Sin embargo, mientras que el 60% del estudiantado estuvo completamente de acuerdo con que la actividad de gamificación le permitió poner a pruebas sus conocimientos y conocer sus debilidades (P6 y P7), solamente el 30% y 20% estuvo completamente de acuerdo con los ítems P8 y P9, respectivamente. Esto pone de manifiesto que la actividad de gamificación puede ser de utilidad para que el alumnado haga una autoevaluación de su aprendizaje y, por tanto, puede emplearse como complemento de las clases magistrales tradicionales.

Los ítems 10 y 11 de la encuesta están orientados hacia el trabajo en equipo y la importancia que los/as estudiantes le dan a este aspecto en el ámbito formativo. Un 60% de los encuestados indicó que, efectivamente, pudieron relacionarse con sus compañeros/as para aprender (P10), mientras que un 50% estuvo de acuerdo con que aprendió de sus compañeros/as durante la actividad (P11). En relación con esto, cabe destacar que se indicó a los/as participantes que la carrera de orientación debían hacerla por parejas, de forma que debían llegar a la meta con sus compañeros/as o serían descalificados.

A pesar de calificar la actividad como motivadora, solamente un 20% de los/as encuestados indicó que mientras jugaba no era consciente de lo que sucedía a su alrededor (P14).

Es importante destacar que el 90% de los/as participantes se sintió capaz de realizar las actividades propuestas (P15), con lo cual se puede deducir que la prueba de evaluación que se incluyó en la gymkhana se correspondió con lo que los/as estudiantes esperaban de la asignatura.

Por último, el 80% estuvo de acuerdo o completamente de acuerdo con que la actividad le resultó reconfortante (P16).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se introdujo una actividad de gamificación al aire libre en una asignatura de la rama de la ingeniería, en concreto del área de tecnologías del medio ambiente. La actividad se diseñó para que el alumnado pudiera someterse a una autoevaluación del contenido de la asignatura antes de examinarse oficialmente. La actividad fue voluntaria y consistió en una carrera de orientación que transcurrió al aire libre, por las inmediaciones de las instalaciones de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. A lo largo de la prueba de orientación, los/as participantes, por parejas, debían recopilar una serie de documentos que les permitiría posteriormente responder un cuestionario de autoevaluación en Moodle.

Se ofertó esta actividad a uno de los tres grupos de estudiantes de la asignatura durante el curso 2024/2025, manteniéndose los otros dos grupos como grupos de control. La actividad de gamificación se llevó a cabo una semana antes de la prueba de evaluación oficial de la asignatura (examen parcial liberatorio). Los resultados del examen parcial indicaron que la calificación media del alumnado, independientemente de si participaron en la gymkhana o no, fue similar y, estadísticamente, al 95% de confianza, no hubo diferencias significativas entre las calificaciones de los distintos grupos.

A pesar de esto, el porcentaje de alumnos/as que suspendió el examen parcial de la asignatura fue considerablemente menor (más de un 20%) en el grupo que participó en la gymkhana frente a quienes no participaron. En este sentido, existen otros estudios en los que la introducción de actividades de gamificación también redujo notablemente el porcentaje de suspensos del alumnado, aunque no sus calificaciones medias (Pařová y Vejačka, 2022).

Por otra parte, la satisfacción de las personas que participaron en la actividad de gamificación quedó reflejada en los resultados de la encuesta de satisfacción anónima que respondieron. Así, como se comentó anteriormente, el 100% de los/as participantes repetiría la actividad, ya que disfrutó durante su realización.

Es sabido que la introducción de elementos de gamificación en la educación universitaria fomenta la participación y la motivación del alumnado, que suele preferir sesiones con elementos de juego en comparación con las clases magistrales

tradicionales (Alonso-Sánchez et al., 2025). Sin embargo, en la mayoría de las publicaciones al respecto, los/as docentes han aplicado la gamificación dentro del aula, siendo los principales elementos de juego introducidos: los acertijos, resolución de problemas en grupo, desbloqueo de niveles por resolución de problemas, juegos de cartas, etc. (Pelizzari, 2023).

Como se comentó anteriormente, hay muy pocos estudios en los que se haya introducido la gamificación al aire libre en la educación superior. En cuanto a las carreras de orientación específicamente, se encuentran algunos estudios orientados hacia el alumnado que cursa la titulación de educación física (Hammes, 2007).

Quienes han optado por estudiar esta alternativa indican que su empleo en el ámbito universitario puede promover que los/as graduados/as de cualquier titulación mejoren en sus conocimientos de sostenibilidad, lo cual suele ser una competencia transversal común en las titulaciones (Lugg, 2007). Otros indican que la introducción de actividades al aire libre mejora el compromiso del alumnado, y además permite que tengan un tiempo para la actividad física en el marco de sus estudios, así como para conectar con la naturaleza y el entorno, en contra de lo habitual, que es el uso excesivo de aplicaciones informáticas y de la inteligencia artificial (Exeter, 2025).

En conclusión, la introducción de actividades de gamificación al aire libre en la educación superior ha sido poco explorada hasta la fecha, pero ofrece una alternativa a la gamificación tradicional en el aula, ya que se ofrece al alumnado la posibilidad de romper con la rutina, practicar ejercicio, conocer el entorno natural que rodea las instalaciones educativas y trabajar en equipo, a la vez que resuelve casos prácticos.

La experiencia presentada en este estudio ha sido positiva desde el punto de vista del aumento de motivación del alumnado, tal como reflejan los resultados de la encuesta de satisfacción. Por otra parte, académicamente se ha logrado un menor número de suspensos en el grupo de alumnos/as que participó en la actividad, en comparación con los grupos de estudiantes que no participaron. A pesar de ello, cabe destacar que se necesita continuar con esta actividad durante más cursos académicos para validar la influencia de la gamificación al aire libre sobre el porcentaje de alumnos/as que logran superar los exámenes de la asignatura.

REFERENCIAS

- Alonso-Sánchez, J. A., Alonso, J. L., y Santana-Monagas, E. (2025). Gamification in Higher Education: A Case Study in Educational Sciences. *TechTrends* 69, 507–518. <https://doi.org/10.1007/s11528-025-01056-2>
- Exeter, A. (2025). Outdoor learning in higher education. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 25(3), 830–831. <https://doi.org/10.1080/14729679.2025.2477984>

Fornasiero, M., Malucelli, F., Pazzi, R., y Schettini, T. (2021). Empowering Optimization Skills Through an Orienteering Competition. *INFORMS Transactions on Education*, 22(1), 1-8. <https://doi.org/10.1287/ited.2021.0243>

Gobierno de Canarias. (2022). *Gamificación. ¡A jugar! Kit de Pedagogía y TIC*. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoesuela/pedagogic/gamificacion/>

Hammes, R. (2007). Orienteering with Adventure Education: New Games for the 21st Century. *Strategies*, 20(5), 7-13, <https://doi.org/10.1080/08924562.2007.10590733>

Lugg, A. (2007). Developing sustainability-literate citizens through outdoor learning: possibilities for outdoor education in Higher Education. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 7(2), 97-112. <https://doi.org/10.1080/14729670701609456>

Manzano-León, A., Camacho-Lazarraga, P., Guerrero-Puerta, M. A., Guerrero-Puerta, L., Alias, A., Aguilar-Parra, J. M., y Trigueros, R. (2021). Development and Validation of a Questionnaire on Motivation for Cooperative Playful Learning Strategies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 960. <https://doi.org/10.3390/ijerph18030960>

Munge, B., Thomas, G., y Heck, D. (2018). Outdoor fieldwork in higher education: Learning from multidisciplinary experience. *Journal of Experiential Education*, 41(1), 39-53. <https://doi.org/10.1177/1053825917742165>

Pařová, D. y Vejačka, M. (2022). Implementation of gamification principles into higher education. *European Journal of Educational Research*, 11(2), 763-779. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.2.763>

Pelizzari, F. (2023). Gamification in higher education. A systematic literature review. *Italian Journal of Educational Technology*, 31(3), 21-43. <https://doi.org/10.17471/2499-4324/1335>

CAPÍTULO 10

LA INDAGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN SUPERIOR Y SECUNDARIA ¿ESTÁ SIENDO UNA IMPLEMENTACIÓN EFECTIVA?

CRISTÓBAL LÓPEZ SÁNCHEZ*, MARÍA DEL MAR MEGÍAS TORRES**,
HUGO ANTONIO MARTÍNEZ CAÑESTRO*, E ISABEL DAMIANA ALONSO LÓPEZ*

**Universidad de Almería; **Instituto de Educación Secundaria Sabinar*

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias experimentales en España ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, moviéndose desde enfoques tradicionales centrados en la transmisión de conocimientos hacia metodologías activas que promueven la participación y el pensamiento crítico del alumnado. Una de las metodologías que ha ganado relevancia es la metodología de indagación, también conocida como Inquiry-Based Science Education (IBSE). Desde sus primeras menciones por autores como Schwab (1958), se establece como una metodología que emana desde el constructivismo activo de Bruner, en la que sitúa al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje, alentándolo a formular preguntas, investigar, experimentar y reflexionar sobre los resultados obtenidos.

Este enfoque comparte principios con el método científico, ya que ambos implican observar fenómenos, plantear hipótesis, diseñar experimentos, recolectar evidencias y extraer conclusiones fundamentadas. Sin embargo, la indagación en el contexto educativo, no se limita a replicar el método científico de manera estricta; su objetivo principal es desarrollar competencias científicas, pensamiento crítico y habilidades procedimentales en el alumnado, adaptando las etapas del método científico a actividades de aula que sean significativas y accesibles según el nivel educativo (García-Carmona, 2020). De este modo, mientras que el método científico es un procedimiento formal que guía la investigación en la ciencia profesional, la indagación educativa es un enfoque flexible que busca fomentar la curiosidad, la autonomía y la comprensión profunda de los conceptos científicos.

En el contexto español, la implementación de la indagación en la enseñanza de las ciencias ha sido objeto de diversos estudios que han evaluado su efectividad en diferentes niveles educativos. Sin embargo, existe una disparidad en la aplicación de esta metodología entre la Educación Secundaria y la Universidad, lo que plantea interrogantes sobre su grado de implementación y los desafíos que aún persisten (Lupión-Cobos y Blanco-López, 2021).

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar la aplicación de la metodología de indagación en la enseñanza de las Ciencias Experimentales,

comparando su implementación en la Educación Secundaria y la Educación Superior, poniendo como ejemplo el contexto español. Se abordarán aspectos como la evidencia empírica sobre su efectividad, los retos y desafíos en su implementación, y el grado de instrucción real del alumnado en ambos niveles educativos.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este estudio se llevó a cabo una revisión bibliográfica narrativa sobre la temática en cuestión usando como palabras clave (indagación, ciencias experimentales, constructivismo, Educación Superior y Educación Secundaria). Asimismo, se seleccionaron las fuentes centrándose en el ámbito español. Se realizaron búsquedas mediante un muestreo intencional de la literatura existente, en bases de datos académicas y bibliotecas digitales reconocidas (ERIC, Scopus, Google Scholar o Web of Science), seleccionando artículos, libros y reportes relevantes publicados en los últimos años fundamentalmente. La selección se hizo en base a aquellos estudios que aportan información pertinente sobre los conceptos, enfoques y tendencias actuales en el área de interés. Posteriormente, se realizó un análisis crítico y comparativo de los hallazgos para identificar patrones, convergencias, con el objetivo de ofrecer una síntesis efectiva del estado actual de la metodología de indagación y su implementación en los centros escolares y universitarios, principalmente en España.

RESULTADOS

Marco general sobre la metodología de indagación

La metodología de indagación, como se ha indicado anteriormente, se basa en el enfoque constructivista del aprendizaje, donde el estudiante es visto como un agente activo en la construcción de su conocimiento. Según Bybee (2004), la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación deben integrar tres componentes fundamentales: Habilidades de indagación (lo que deben hacer los estudiantes), conocimiento acerca de la indagación (lo que se debe comprender sobre la naturaleza de la indagación), así como, una aproximación pedagógica (lo que deben hacer los docentes para facilitar el proceso de indagación).

Esta metodología, entre otras características, se centra en promover el desarrollo de competencias científicas, como la formulación de preguntas, la planificación y realización de investigaciones, la interpretación de datos y la comunicación de resultados (Vitalis-Akuma y Koenen, 2025). Además, fomenta actitudes positivas hacia la ciencia, como la curiosidad y la creatividad (Furtak et al., 2012; Zion y Sadeh, 2007), así como, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Urdanivia-Alarcon et al., 2023). Del mismo modo, es imprescindible que para que esta metodología favorezca el desarrollo competencial, debe establecerse una pregunta,

reto o problema que esté ampliamente contextualizado en realidad del alumnado al que va dirigido el proceso de enseñanza-aprendizaje, que dependerá del grado de madurez y conocimientos previos del mismo (Lynn-Morris, 2025).

Existen diversos modelos de indagación que se pueden aplicar en la enseñanza de las ciencias. Esta diferenciación radica fundamentalmente en el grado de autonomía que adquiere el alumno durante el proceso, lo que se relaciona directamente con la intervención del profesor y su papel como guía, así como, el grado de repercusión que tiene el proceso sobre el objetivo, pregunta o reto planteado desde el principio. Así, pueden diferenciarse cinco tipos fundamentales, haciendo desde esta revisión hincapié, en la relación, y en muchos casos confusión conceptual, que existe en bibliografía con otros tipos de metodología como la “Investigación dirigida” (Directed Inquiry) y el “Aprendizaje por descubrimiento de Bruner” (Discovery Learning):

a) Indagación por confirmación (Confirmation Inquiry). En el que el grado de intervención del docente es alto, aportando menor autonomía al alumno. Se plantea la pregunta, se conoce el procedimiento a seguir, y el alumno prevé la respuesta dando una hipótesis con una alta probabilidad de acierto. En este sentido, el grado de repercusión en la obtención de la respuesta, como objetivo de la metodología, es muy bajo. Este tipo, está enfocado principalmente a reforzar habilidades experimentales y conceptos más que obtener nuevas competencias (Heron, 1971).

b) Indagación estructurada (Structured Inquiry). El papel del docente sigue siendo alto, se plantea la cuestión o problema a resolver, se ofrece el procedimiento, sin embargo, el alumnado desconoce la respuesta, por lo que el planteamiento de hipótesis promueve el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la observación, el análisis o la interpretación de resultados (Bunterm et al., 2014).

c) Indagación guiada (Guided Inquiry). Se plantea la pregunta, cuestión o reto y los estudiantes desarrollan el proceso experimental y analizan posteriormente los resultados. En este caso, la autonomía del alumnado aumenta, potenciando la toma de decisiones y el uso de habilidades instrumentales y conceptuales (Llewellyn, 2013).

d) Indagación abierta (Open Inquiry). Los estudiantes formulan la pregunta, diseñan la metodología, llevan a cabo el diseño experimental, así como su interpretación y contraste de hipótesis. En este caso, la autonomía del alumnado es máxima, desarrollando, en un nivel alto, las habilidades anteriores. Sin embargo, la aplicabilidad de este modelo, no siempre es coherente con el nivel de capacitación del alumnado (Zion y Sadeh, 2007).

e) Indagación por modelización (Model-Based Inquiry). Fundamentalmente se centra en la creación, uso y revisión de modelos científicos en relación a explicar fenómenos observables que se plantean a través de preguntas o retos. Se desarrolla no solo un conocimiento descriptivo sino además explicativo (Passmore et al., 2010).

En este sentido, según la bibliografía actual, la Investigación dirigida, puede identificarse, desde clasificaciones más actuales, directamente con la Indagación guiada, tal y como defienden autores como Van Uum et al. (2016) o Vorholzer y Von Aufschnaiter (2019), sin ser una metodología adicional o esencialmente diferente. Un término originariamente acuñado por autores como Schwab (1958) o Herron (1971). Sin embargo, la Indagación abierta, puede determinarse como un subtipo dentro del Aprendizaje por descubrimiento en cuenta que está enfocada a la enseñanza de las ciencias, siendo la primera una metodología mucho más general en el contexto de su aplicabilidad (Aditomo y Klieme, 2020; Kang, 2022).

Sin embargo, en todos los casos, la estructura base del uso de esta metodología puede estructurarse en los siguientes pasos: a) Planteamiento de preguntas basadas en observaciones de fenómenos contextualizados; b) Diseño de la investigación, donde se planifica cómo responder a las preguntas formuladas; c) Realización de la investigación, en la que se llevan a cabo experimentos o actividades para recolectar datos; d) Análisis de los resultados, en el que se interpretan los datos obtenidos para obtener conclusiones, como último paso donde se da respuesta a la pregunta planteada; e) Comunicación de los resultados obtenidos, representación o modelización del fenómeno en cuestión.

Diversos grupos de investigación han establecido y estructurado las distintas fases de la metodología con el fin de obtener una mayor aplicabilidad en el aula (Aguilera-Morales et al., 2018; Couso y Garrido-Espeja, 2017; Jiménez-Liso et al., 2021; Llewellyn, 2013; Van Uum et al., 2016)

Implementación de la indagación en la Educación Secundaria en España

En la Educación Secundaria, la implementación de la metodología de indagación ha sido objeto de diversos estudios en España. Según un análisis realizado por Aguilera-Morales et al. (2018), se ha observado un aumento en la aplicación de metodologías activas en las aulas de Secundaria, incluyendo la indagación. Sin embargo, la implementación de estas metodologías varía significativamente entre comunidades autónomas y centros educativos, debido a factores como la formación del profesorado, los recursos disponibles y el currículo establecido. En concreto, la formación del profesorado, es un factor clave en la implementación exitosa de la metodología de indagación. Según el estudio de Aguilera-Morales et al. (2018), muchos docentes de Educación Secundaria no están adecuadamente formados en metodologías activas, lo que limita su capacidad para implementar la indagación de manera efectiva. Además, la falta de experiencia en la puesta en práctica de esta metodología puede generar inseguridad en los docentes, dificultando su correcta aplicación en el aula.

Para abordar estas cuestiones, es necesario ofrecer programas de formación continua que proporcionen a los docentes las herramientas y estrategias necesarias para implementar la indagación en sus clases. Estos programas deben incluir tanto formación teórica sobre los principios de la indagación como formación práctica que permita a los docentes experimentar y reflexionar sobre su aplicación en el aula.

Un ejemplo destacado es el proyecto europeo "Mind the Gap", que incluyó a España como uno de sus participantes. Este proyecto recopiló y difundió buenas prácticas en la enseñanza de las ciencias, promoviendo el uso de la indagación en las aulas de Secundaria. Los resultados indicaron que, cuando se implementa adecuadamente, la indagación mejora la comprensión conceptual y la motivación del alumnado (CORDIS, 2020).

Desde el punto de vista del conocimiento teórico, son varios los estudios que proponen estrategias y directrices acerca de cómo llevar a cabo la implementación de la metodología en el aula (Crujeiras-Pérez, 2017; Crujeiras-Pérez y Cambeiro, 2018; Martínez-Heredia et al., 2023; Jiménez-Liso, 2020), no obstante, la realidad es otra. Un estudio realizado en 2024 evaluó el desempeño en prácticas científicas de indagación y argumentación de estudiantes de 2º de ESO que participaron en el proyecto "App Checkers". Los resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes alcanzaron niveles intermedios de desempeño, evidenciando una aplicación parcial y pobre de la metodología en el aula (Aguilera y López-Simó, 2025).

Además, una investigación comparativa entre docentes de ciencias en España y el Reino Unido reveló que, aunque los docentes reconocen los beneficios del ABI, su implementación efectiva se ve obstaculizada por factores como la falta de formación específica, la presión curricular y la resistencia al cambio pedagógico. Esto sugiere que, en comparación con otros países y enfoques pedagógicos, el ABI aún no se aplica de manera generalizada en las aulas de Secundaria en España (Romero-Ariza et al., 2020).

Asimismo, otro estudio realizado en 2017 en institutos de secundaria de San Sebastián y Nantes (Francia) analizó las opiniones de los estudiantes sobre el aprendizaje basado en la indagación. Los resultados indicaron que, aunque los estudiantes valoran positivamente esta metodología, su aplicación práctica en las aulas es limitada, tanto en España como en Francia (Aramendi-Jauregui et al., 2017).

Todo esto indica que, aunque el aprendizaje basado en la indagación es reconocido como una metodología eficaz para el desarrollo de competencias científicas, su implementación práctica en las aulas españolas de Secundaria sigue siendo limitada. Factores como la falta de formación docente específica, la presión curricular y la resistencia al cambio pedagógico dificultan su adopción generalizada, en comparación con otros países y enfoques pedagógicos.

Implementación de la indagación en la Educación Universitaria en España

En el ámbito universitario, la implementación de la metodología de indagación ha sido aún más limitada. Sin embargo, algunos estudios han explorado su aplicación en programas de formación docente y en asignaturas específicas de ciencias. Por ejemplo, García-Carmona y Acevedo-Díaz (2016) investigaron cómo el uso de artículos de prensa científica en la formación de futuros docentes puede promover la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico. Aunque este enfoque no es una aplicación directa de la indagación, comparte principios fundamentales de esta metodología.

Además, el estudio realizado por García-Carmona (2020) sobre la transición de la indagación hacia un enfoque basado en prácticas científicas destaca la necesidad de adaptar la formación universitaria para incorporar metodologías que reflejen las prácticas reales de la ciencia, promoviendo así una comprensión más profunda y auténtica por parte del alumnado.

La formación del profesorado universitario en metodologías activas es otro aspecto crucial para la implementación de la indagación. Según el estudio de García-Carmona y Acevedo-Díaz (2016), muchos docentes universitarios carecen de formación en pedagogía, lo que limita su capacidad para implementar metodologías activas como la indagación. Además, existe una tradición arraigada de enseñanza centrada en el docente, lo que genera resistencia a la adopción de nuevas metodologías.

Por otro lado, la evaluación en la educación universitaria también presenta desafíos en el contexto de la indagación. Según García-Carmona (2020), la evaluación tradicional centrada en la calificación de exámenes escritos no es adecuada para valorar las competencias científicas desarrolladas a través de la indagación. Es necesario desarrollar sistemas de evaluación que consideren aspectos como la capacidad de plantear preguntas científicas, el diseño y ejecución de investigaciones, el análisis de datos y la comunicación de resultados.

Además, la evaluación debe ser coherente con los objetivos de la metodología de indagación, promoviendo la reflexión y la autoevaluación por parte de los estudiantes. Esto requiere un cambio en la concepción tradicional de la evaluación, en especial en el ambiente universitario, pasando de un enfoque centrado en la calificación a un enfoque centrado en el aprendizaje y el desarrollo de competencias (Hernández-Armenteros y Pérez-García, 2022; Rodríguez-García y Arias-Gago, 2022; Yáñez-Pérez et al., 2024).

De manera general y resumida, la eficacia de la metodología de indagación, actualmente, ha sido evaluada en diversos estudios, mostrando resultados positivos en ambos niveles educativos (Educación Superior y Secundaria). Sin embargo, la aplicación en la Educación Secundaria ha mostrado una mayor efectividad en

términos de mejora en la comprensión conceptual, desarrollo de habilidades científicas y aumento de la motivación del alumnado. Esto se debe a que la indagación en secundaria se implementa de manera más estructurada y con mayor apoyo pedagógico, mientras que en la universidad su aplicación es más esporádica y menos sistemática.

Del mismo modo, en concreto en el contexto español, la implementación real de la indagación en la enseñanza de las ciencias experimentales responde en la misma línea anterior. Aunque existen esfuerzos por incorporar la indagación, su aplicación es desigual y depende de factores como la formación del profesorado, los recursos disponibles y la flexibilidad del currículo. En la Universidad, la implementación de la indagación es aún más limitada y, cuando se aplica, suele ser en contextos específicos y no de manera generalizada.

Retos y desafíos

A pesar de los beneficios demostrados de la indagación, su implementación enfrenta diversos desafíos en ambos niveles educativos, como se ha comentado.

En la Educación Secundaria, algunos de los principales retos exigen: a) Una mayor formación del profesorado (Aguilera et al., 2018); b) Recursos limitados, observándose una falta de materiales y recursos adecuados que dificulta la realización de actividades de indagación, como pueden ser los estudios aplicados en secundaria que analizan implementaciones con aplicaciones didácticas de indagación (Yáñez-Pérez et al., 2024; Aguilera y López-Simó, 2025) identifican explícitamente la falta de recursos (materiales y TIC) y la necesidad de formación docente como barreras prácticas para desplegar actividades de indagación en el aula; c) Currículo rígido, en relación a los contenidos establecidos en el currículo oficial de la ESO y Bachillerato a menudo no permiten la flexibilidad necesaria para incorporar actividades de indagación de manera efectiva. Esto provoca que muchos docentes se vean obligados a priorizar la cobertura de contenidos por encima del desarrollo de competencias científicas a través de la investigación activa (Romero-Ariza, 2017).

En la Educación Universitaria, los desafíos son igualmente significativos, aunque con matices distintos: a) Resistencia al cambio metodológico, en cuanto que muchos docentes universitarios mantienen prácticas centradas en la exposición magistral de contenidos, la inercia institucional (García-Carmona, 2020); b) Alta proporción de alumnado, ya que, las clases con un gran número de estudiantes dificultan la implementación de actividades de indagación, especialmente aquellas que requieren supervisión individualizada o trabajo experimental en laboratorio (Mayorga-Ases et al., 2024); c) Evaluación tradicional. Como se dice, los sistemas de evaluación en la universidad suelen centrarse en exámenes escritos que valoran la memorización de contenidos, en lugar de competencias prácticas y habilidades científicas. Esto

desincentiva la adopción de metodologías basadas en indagación, ya que el tiempo invertido en estas actividades no se refleja directamente en la calificación (García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2016).

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

La metodología de indagación representa un enfoque pedagógico innovador y eficaz para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. En España, su implementación es más sistemática y efectiva en la Educación Secundaria que en la Universidad, lo que se debe a factores como la estructura de las secuencias didácticas, el tamaño de los grupos, la supervisión docente y la disponibilidad de recursos.

A pesar de sus beneficios, persisten desafíos importantes que limitan su aplicación plena en ambos niveles educativos. La formación docente, la disponibilidad de recursos, la evaluación de competencias y la flexibilidad curricular son aspectos clave que deben abordarse para consolidar la indagación como metodología central en la enseñanza de las ciencias.

La evidencia sugiere que, para lograr un impacto significativo, es necesario combinar formación docente continua, apoyo institucional, recursos experimentales adecuados y evaluación coherente con los objetivos de la indagación. Solo así se podrá garantizar que los estudiantes, tanto de Secundaria como universitarios, desarrollen competencias científicas sólidas, pensamiento crítico y capacidad de resolución de problemas, alineados con las demandas del siglo XXI y con la normativa, en caso concreto, actual española.

REFERENCIAS

Aditomo, A. y Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504-525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>

Aguilera M. y López-Simó, V. (2025). Estudio del desempeño en prácticas científicas de indagación y argumentación de alumnado de enseñanza secundaria mediante una aplicación móvil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 52-73. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9983634>

Aguilera-Morales, D., Martín-Páez, T., Valdivia-Rodríguez, V., Ruiz-Delgado, A., Williams-Pinto, L., Vílchez-González, J. M., y Perales-Palacios, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación: Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-284. <https://www.researchgate.net/publication/326033641>

Aramendi-Jauregui, P., Arburua-Goienetxe, R. M., y Buján-Vidales, K. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124. <https://doi.org/10.6018/rie.36.1.278991>

Bunterm, T., Lee, K., Ng, J.L.K., Srikoorn, S., y Vangpoomyai, P. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959.

Bybee, R. W. (2004). The BSCS 5E Instructional Model: Personal Reflections and Contemporary Implications. *Science Teacher*, 71(6), 56-61. https://education.sdsu.edu/dle/current-students/05329-5e_instructional_model-r-bybee.pdf

CORDIS. (2020). *Mind the Gap: Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education*. <https://cordis.europa.eu/project/id/217725/reporting/es>

Couso, D. y Garrido-Espeja, A. (2017). La modelización en la formación inicial de maestros: ¿qué mecanismos o estrategias la promueven? *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Extra 0, 137-144. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/33400>

Crujeiras-Pérez, B. (2017). Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 473-486. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.13

Crujeiras-Pérez, B. y Cambeiro, F. (2018). Una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias en educación secundaria participando en las prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1-9. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1201

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., y Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>

García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Science & Education*, 29(2), 443-463. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00108-8>

García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2016). Learning about the nature of science using newspaper articles with scientific content. *Science & Education*, 25(5), 523-546. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-016-9831-9>

Hernández-Armenteros, J. y Pérez-García, J. A. (2022). *La Universidad Española en Cifras* (14ª ed.). CRUE Universidades Españolas. <https://www.crue.org/wp-content/uploads/2024/06/UEC-2021-2022.pdf>

Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review*, 79(2), 171-212. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Nature-of-Scientific-Enquiry-Herron/3566ff701be46792e8beee2fc6236c6ecaa98be7>

Jiménez-Liso, M. R. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo Seronero, y J. A. Sacristán del Castillo (Coords.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 53-62). Fundación Lilly; Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT); Ministerio de Ciencia e Innovación. https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2020/257911/ensciencie_a2020-53-62.pdf

Jiménez-Liso, M. R., Delgado, L., Castillo-Hernández F.J., y Baños, I. (2021). Contexto, indagación y modelización para movilizar explicaciones del alumnado de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 39(1), 5-25. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3032>

Kang, J. (2022). Interrelationship Between Inquiry-Based Learning and Instructional Quality in Predicting Science Literacy. *Research in Science Education*, 52, 339-355. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09946-6>

Llewellyn, D. (2013). *Teaching High School Science Through Inquiry and Argumentation*. Corwin Press.

Lupión-Cobos, T. y Blanco-López, Á. (2021). Ayudando al profesorado a utilizar la indagación y el enfoque STEAM en el aula de ciencias. En D. Cebrián Robles, A. J. Franco-Mariscal, T. Lupión-Cobos, M. C. Acebal-Expósito, y Á. Blanco-López (Eds.), *Enseñanza de las ciencias y problemas relevantes de la ciudadanía* (pp. 381-394). Editorial Universidad de La Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7772457>

Lynn-Morris, D. (2025). Rethinking Science Education Practices: Shifting from Investigation-Centric to Comprehensive Inquiry-Based Instruction. *Education Science*, 15(1), 73. <https://doi.org/10.3390/educsci15010073>

Martínez-Heredia, N., González-Gijón, G., Amaro-Agudo, A., y Soriano-Díaz, A. (2023). Proyecto de iniciación a la investigación en alumnado de Educación Secundaria en Andalucía, España. *Revista Realidad Educativa*, 3(2), 80-96. <https://doi.org/10.38123/rre.v3i2.309>

Mayorga-Ases, M., Tagua-Moyolema, A., Muyulema-Muyulema, D., y Velastegui-Hernández, R., (2024). Estudio sobre la implementación de metodologías activas en la educación superior: beneficios y desafíos. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(4-1), 196-208, <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.4-1.2739>

Passmore, C., Stewart, J., y Cartier, J. (2010). Model-Based Inquiry and School Science: Creating Connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394-402. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb17870.x>

Rodríguez-García, A. y Arias-Gago, A. R. (2022). ¿El aprendizaje basado en indagación mejora el rendimiento académico del alumnado en ciencias? Análisis basado en PISA 2018. *Revista Colombiana de Educación*, 86, 53-74. <https://doi.org/10.17227/rce.num86-12232>

Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka*, 14(2), 286-299. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3335>

Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A. M., Sorensen, P., y Colette-Oliver, M. (2020). Highly Recommended and Poorly Used: English and Spanish Science Teachers' Views of Inquiry-based Learning (IBL) and its Enactment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 26(1), em1793. <https://doi.org/10.29333/ejmste/109658>

Schwab, J. J. (1958). The Teaching of Science as Inquiry. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 14(9), 374-379. <https://doi.org/10.1080/00963402.1958.11453895>

Urdanivia-Alarcon, D.A., Talavera-Mendoza, F., Rucano-Paucar, F.H., Cayani-Caceres, K.S., y Machaca-Viza, R. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. *Frontiers in Education*, 8(1170487), 1-10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1170487>

Van Uum, M. S. J., Verhoeff, R. P., y Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1147660>

Vitalis-Akuma, F. y Koenen, J. (2025). Inquiry-based science education: Tools for supporting the design of schoolteacher profesional development programs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(3), em2605. <https://www.researchgate.net/publication/389542314>

Vorholzer, A. y von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction – an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562-1577. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>

Yáñez-Pérez, I., Toma, R. B., y Meneses-Villagrà, J. Á. (2024). The IndagApp mobile app: an inquiry-based science teaching resource. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 13(7). <https://doi.org/10.1007/s44322-024-00008-7>

Zion, M. y Sadeh, I. (2007). Curiosity and open inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 41(4), 162-169. <https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656092>

CAPÍTULO 11

AULA INVERTIDA EN INGENIERÍA: EJERCICIOS INTERACTIVOS PARA UN APRENDIZAJE DINÁMICO DEL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

FERNANDO SUÁREZ GUERRA*, JAVIER FERNÁNDEZ ACEITUNO**,
Y JESÚS DONAIRE ÁVILA**

**Escuela Politécnica Superior de Linares; **Universidad de Jaén*

INTRODUCCIÓN

Existen ciertas titulaciones en las que el análisis estructural es de gran importancia en la formación del futuro ingeniero. En concreto, en las titulaciones de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica, asignaturas como la Elasticidad, la Resistencia de Materiales y el Cálculo de Estructuras, constituyen conocimientos de base esenciales para que los futuros ingenieros puedan abordar el diseño, proyecto y análisis estructural de elementos complejos. Estas asignaturas son, en concreto, la base sobre las que se fundamentan algunas asignaturas posteriores y de gran importancia para la formación de los estudiantes en estas titulaciones, tales como Cálculo de Estructuras, Edificación, “Estructuras de Hormigón Armado, Estructuras Metálicas o Elementos Prefabricados.

El reto de la enseñanza de la Elasticidad y Resistencia de Materiales en el EEES

La formación inicial en Elasticidad y Resistencia de Materiales es una pieza clave en la educación de futuros ingenieros civiles y mecánicos. No obstante, la adaptación de los planes de estudio al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha adelantado estos contenidos al segundo curso. Algunos autores sugieren que la adaptación al EEES, que ha priorizado la adquisición de competencias sobre los conocimientos de fondo, ha afectado negativamente la profundidad del conocimiento impartido en diversas disciplinas, incluyendo las ingenierías (Cintas y García, 2020). Lo cierto es que los nuevos planes de estudio en el ámbito de la ingeniería, con su adaptación al EEES, han reducido su formación en Matemáticas y Física de manera sustancial, llevando a que los estudiantes afronten las asignaturas relacionadas con el análisis estructural con una base menos sólida. Este cambio ha derivado en que los estudiantes se enfrenten a un temario con un nivel de complejidad considerable sin la preparación previa que se tenía en planes de estudio anteriores, lo que puede dificultar su aprendizaje y afectar negativamente a su rendimiento académico.

En este contexto, la implementación de la técnica del aula invertida (flipped classroom) puede suponer una estrategia pedagógica de gran valor (Bergmann y

Sams, 2012). Su objetivo es estimular el estudio autónomo para optimizar el tiempo de clase y se ha demostrado efectiva en asignaturas técnicas, propias de estudios de ciencias e ingeniería (Doğan et al., 2021). El objetivo es motivar a los estudiantes a que estudien la teoría por su cuenta para así aprovechar mejor el tiempo en clase. De esta forma, el profesor puede centrarse en resolver dudas y ayudar a los alumnos a aplicar los conceptos, lo que impacta positivamente en su aprendizaje. Se pretende así implantar el modelo denominado Just-in-time teaching (Simkins y Maier, 2023), lo que permite una mejor adaptación del trabajo del docente a las necesidades del estudiantado. Este enfoque viene reforzado desde hace años por la creciente integración de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) en la enseñanza universitaria española, promovida por el EEES (Gallego et al., 2010), lo que facilita la creación de nuevos recursos didácticos y potencia metodologías innovadoras como el aula invertida. Esto facilita alcanzar ciertos resultados de aprendizaje mediante la aplicación, comprobación e incluso evaluación de ciertos contenidos por parte del propio alumnado (Mirete et al., 2014).

No obstante, sigue existiendo gran interés en explorar e identificar las formas más adecuadas de implementar esta técnica para optimizar los esfuerzos de docentes y estudiantes en diferentes tipos de materias (Santillán et al., 2018; Baig y Yadegaridehkordi, 2023) y para incrementar la implicación del estudiante en su propio aprendizaje (Ajmal et al., 2024).

La innovación didáctica en el análisis estructural y el impacto de la pandemia

El uso de las TICs en la educación ha cobrado un impulso significativo, en particular a raíz de la pandemia de COVID-19, lo que ha forzado a un replanteamiento de las plataformas educativas universitarias (Mosquera et al., 2021; García-Alberti et al., 2021). Este contexto ha propiciado la oportunidad de explorar nuevas metodologías didácticas, incluidas aquellas que facilitan la docencia a distancia o el aprendizaje parcialmente autónomo del estudiante (Suárez et al., 2021).

A continuación se presenta una plataforma web desarrollada en la Universidad de Jaén, diseñada para que estudiantes de materias relacionadas con el análisis estructural puedan experimentar de forma interactiva con ejercicios. A diferencia de los métodos tradicionales, donde se resuelven casos estáticos en la pizarra, esta herramienta permite a los estudiantes verificar en tiempo real cómo las variaciones en los parámetros estructurales y las propiedades de los materiales influyen en el comportamiento de la estructura. Esto facilita una mejor comprensión de conceptos clave como el momento de inercia, el círculo de Mohr, el análisis de tensiones en una sección transversal o la obtención de la matriz de rigidez en estructuras reticuladas. La web también ofrece una funcionalidad para que el profesorado genere nuevos

ejercicios a partir de plantillas, lo que posibilita una actualización constante del material didáctico.

Para ilustrar su aplicación, se detallan dos experiencias de aula invertida que han utilizado esta plataforma, poniendo el foco en la importancia que su influencia en la nota final puede tener sobre la motivación e implicación del estudiantado.

CONTEXTO: WEB WIPACE

Asignaturas en las que se encuadra este trabajo

Las experiencias que se detallan a continuación se llevaron a cabo en diversas asignaturas de los grados en Ingeniería Civil y Mecánica. El contenido de estas materias abarca conceptos de Elasticidad, Resistencia de Materiales y métodos clásicos para el cálculo de estructuras, entre los que destaca el método matricial para el análisis de estructuras.

Plataforma de ejercicios interactivos

Desarrollada en la Universidad de Jaén dentro de un proyecto de innovación educativa, la plataforma web WIPACE (Web Interactiva Para el Aprendizaje de Cálculo de Estructuras) tiene un doble propósito. Por un lado, funciona como un repositorio de ejercicios interactivos que apoyan el estudio y aprendizaje autónomo de los estudiantes. Por otro, proporciona a los docentes una herramienta para generar nuevos ejercicios fácilmente, permitiendo actualizar el material didáctico cada año y expandir la colección existente (Jiménez Moreno, 2021).

La web fue diseñada con un enfoque adaptativo utilizando el framework Vue.js, lo que asegura su compatibilidad con una amplia gama de dispositivos, de modo que la web facilite una experiencia de usuario cómoda y eficiente en diversos dispositivos, como ordenadores, móviles y tabletas. Para la resolución de problemas matemáticos y la representación gráfica, se integraron las librerías Math.js, Fabric.js y Highcharts. En el lado del servidor, se implementó una API REST con Mongoose y un servidor MongoDB sobre Apache. Actualmente, WIPACE está alojada bajo el dominio de la Universidad de Jaén, garantizando una navegación segura con certificación SSL. El código de la aplicación está disponible en GitHub bajo el perfil sjm00010/API-TFG.

Actualmente, WIPACE ofrece ejercicios que cubren cuatro áreas clave de las asignaturas a las que se dirige:

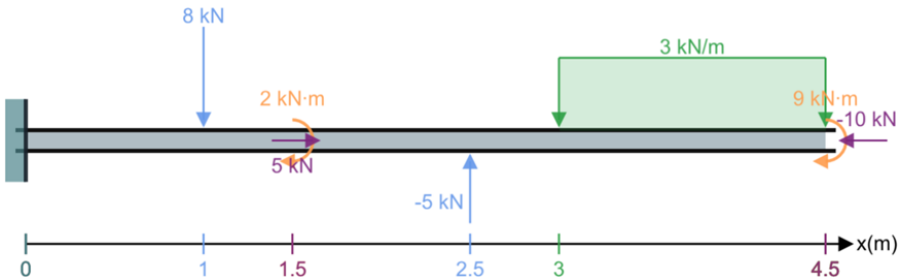
Análisis de vigas

Ejercicios en los que se proponen ejercicios de vigas, isostáticas e hiperestáticas, sometidas a un determinado estado de cargas. Estos ejercicios están parametrizados, de modo que el usuario puede modificar longitudes y valores de carga y observar en

tiempo real cómo varían los diagramas de esfuerzos (axiles, cortantes y momentos flectores), así como la deformada de la viga (ver Figura 1).

Figura 1. Ejemplo de ejercicio de vigas propuesto en la web WIPACE.

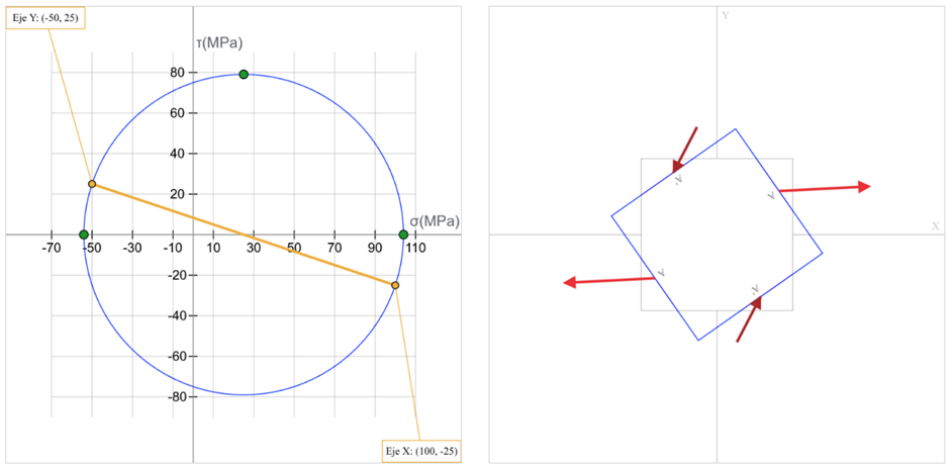
Las distancias y las cargas están parametrizadas, de modo que el usuario puede experimentar modificando sus valores



Circunferencias de Mohr

Se propone un estado de tensiones expresado mediante un tensor y se representa gráficamente en el plano de tensiones empleando la circunferencia de Mohr correspondiente. El ejercicio permite analizar el estado de tensiones para diferentes orientaciones de planos de corte; el ángulo que define la orientación del plano se define con un valor angular que puede modificarse de forma interactiva, observando su efecto sobre la representación en el círculo de Mohr (plano de tensiones normal y tangencial) y en el sistema de coordenadas x-y (ver Figura 2).

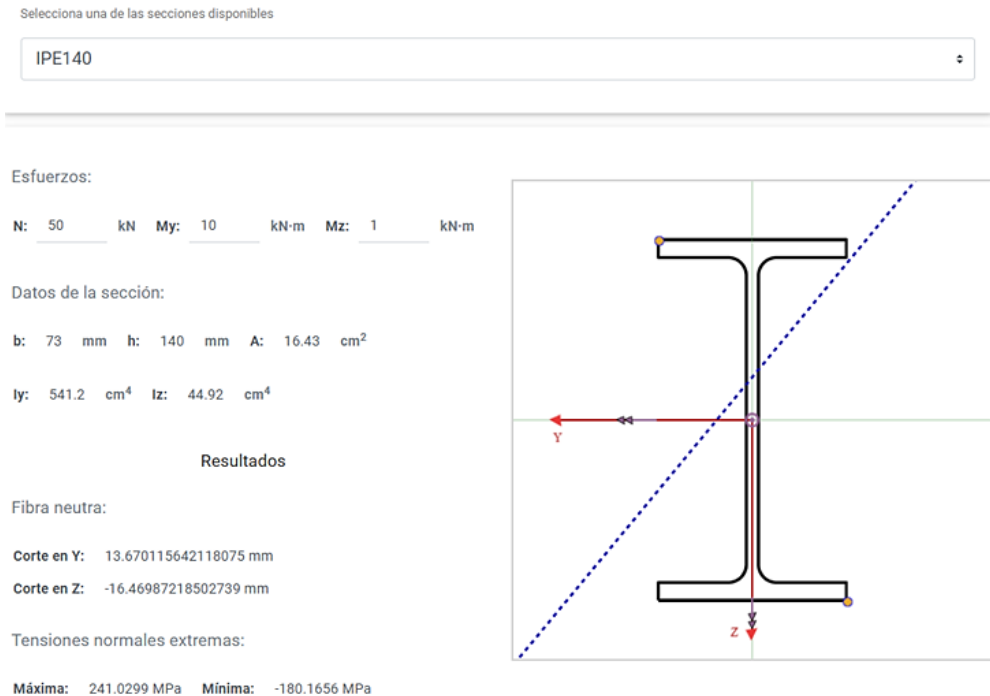
Figura 2. Ejemplo de ejercicio de Elasticidad en el que el estudiante comprueba el estado de tensiones de un cuerpo elástico y su correspondencia con la representación del mismo en el plano de tensiones de Mohr



Análisis de tensiones bajo flexión compuesta esviada

El usuario selecciona una sección transversal de entre un listado con secciones estandarizadas y analiza la posición de la fibra neutra y de las tensiones de tracción y compresión máximas bajo la combinación de esfuerzo axil y momentos flectores en los ejes z e y . Modificando los valores de los esfuerzos, el usuario comprueba cómo se modifica la posición de la fibra neutra (ver Figura 3).

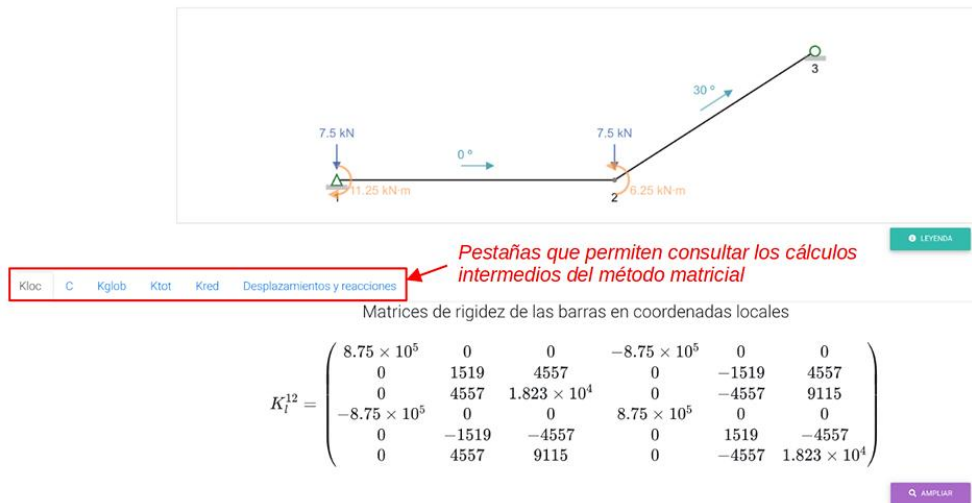
Figura 3. Ejemplo de flexión esviada compuesta sobre una sección en doble T
Elegir sección



Método matricial para el cálculo de estructuras de barras

Se propone una estructura de barras bidimensional con unas determinadas condiciones de contorno, y unas cargas aplicadas. El usuario puede modificar las condiciones de contorno, el sentido de recorrido de las barras y el valor de las cargas aplicadas; a continuación puede observar cómo los cambios realizados afectan a la obtención de las matrices que se deben definir y ensamblar para resolver el problema mediante el método matricial (matrices de rigidez en coordenadas locales, matrices de cambio de base, matrices de rigidez en coordenadas globales y matriz ensamblada, antes y después de la aplicación de las condiciones de contorno) así como el valor de los desplazamientos y reacciones en apoyos (ver Figura 4).

Figura 4. Ejemplo de un ejercicio de cálculo matricial. El estudiante puede modificar los diferentes parámetros del problema y observar su efecto sobre todos los resultados intermedios del método matricial



Ejemplo de funcionamiento de un ejercicio interactivo en la plataforma WIPACE

Un aspecto fundamental en la formación de un estudiante de Resistencia de Materiales es la obtención de diagramas de esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores en vigas. Estos diagramas, que para un ingeniero resultan conceptos naturales y habituales, son a menudo percibidos como complicados por estudiantes que se enfrentan por primera vez a la asignatura. El cálculo de los mismos, en clases tradicionales realizadas en pizarra, supone la realización de un gran número de operaciones y la obtención de los mismos fácilmente puede suponer el empleo de una hora de clase cuando el problema es razonablemente completo.

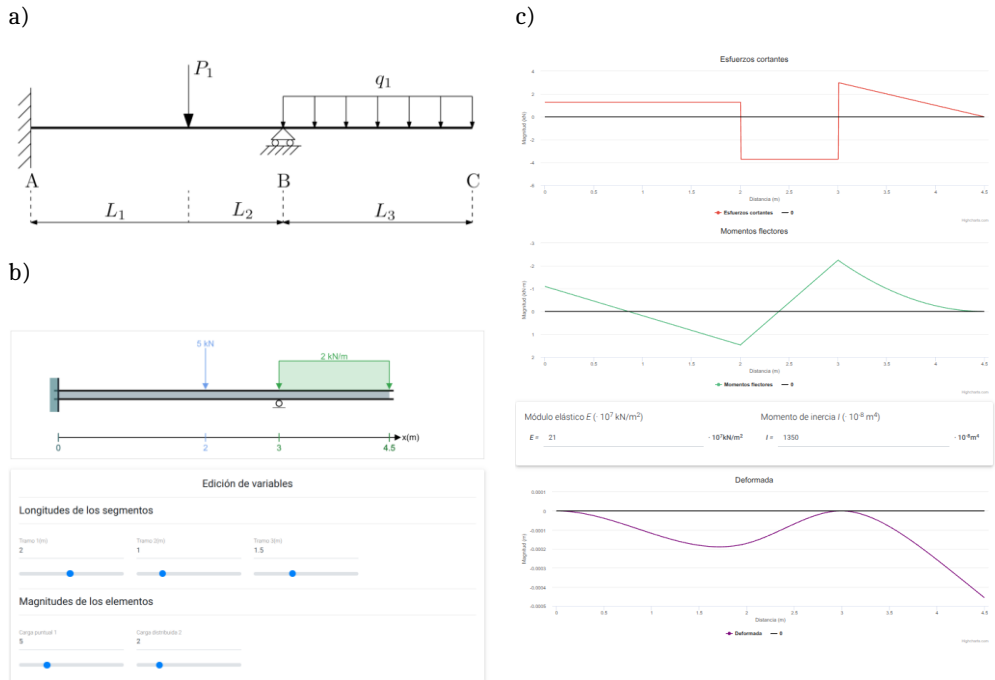
Por otro lado, resulta de gran importancia que el estudiante de estructuras adquiera conocimientos que le permitan prever y anticipar el comportamiento de las estructuras, comprendiendo la importancia que tiene sobre el mismo la alteración de las condiciones de contorno o la aplicación de diferentes tipos de cargas. Esto implica la resolución de un problema bajo diversos supuestos, lo que en la práctica se traduce en la resolución de problemas completamente distintos.

Por lo tanto, si en el aula se quiere analizar, por ejemplo, el efecto que la modificación de unas condiciones de apoyo tienen sobre el trabajo de una viga, se ha de resolver el problema tantas veces como hipótesis se planteen, con el consecuente consumo de horas presenciales en el aula. Dado que el tiempo en aula es muy limitado en asignaturas de este tipo, generalmente no se pueden analizar estos aspectos en clase con la ayuda del profesor. El uso de ejercicios interactivos, como el que ahora se describirá brevemente, facilita estos análisis de una forma rápida, permitiendo al

estudiante experimentar sobre un problema para trabajar nociones de la Resistencia de Materiales que le permitan entender mejor cómo funcionan las estructuras.

La Figura 5 muestra un ejercicio interactivo en el que se estudia una viga hiperestática sometida a una carga puntual y otra repartida. El problema está parametrizado, de manera que los valores de las diferentes longitudes (L_1 , L_2 y L_3), así como de las dos cargas aplicadas (P_1 y q_1) pueden modificarse fácilmente. El ejercicio interactivo proporciona los diagramas de esfuerzos correspondientes al problema, que se actualizan de manera inmediata cuando el usuario modifica los parámetros del problema, bien introduciendo a mano los valores o bien usando las barras deslizantes (sliders).

Figura 5. Ejemplo de un ejercicio de vigas interactivo: a) enunciado parametrizado; b) modificación interactiva de parámetros; c) resultados recalculados automáticamente



De esta manera, en este ejercicio tomado como ejemplo, el estudiante puede comprobar cómo se altera el comportamiento de la viga cuando se incrementa el tamaño del voladizo, analizando los esfuerzos que aparecen en puntos clave de la viga, como el empotramiento izquierdo, o cómo variar el momento de inercia de la sección transversal afecta de manera decisiva a la deformada producida por las cargas.

DOS EXPERIENCIAS DE AULA INVERTIDA

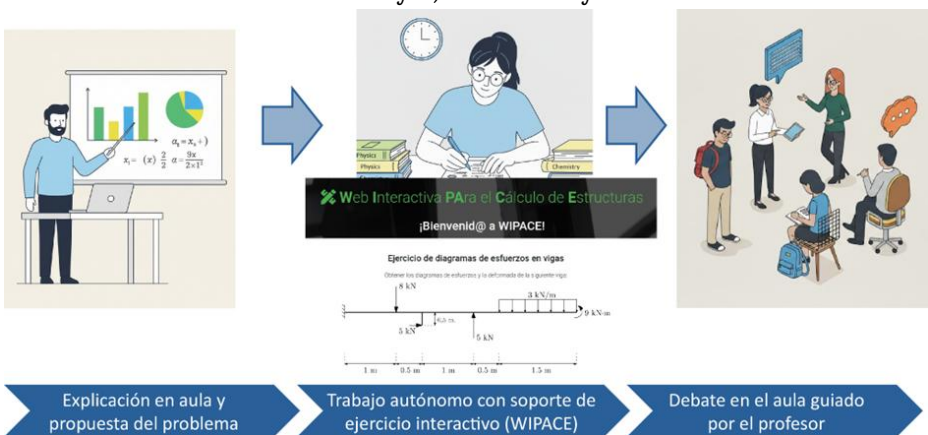
Desde el curso académico 2021-2022, se han venido realizando diversas experiencias de aula invertida utilizando la plataforma WIPACE en varias asignaturas, con el objetivo de validar su funcionalidad y optimizar el uso de ejercicios interactivos, que se han venido ampliando en cursos más recientes. Los resultados aquí presentados se centran específicamente en la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales II, del tercer curso de Ingeniería Mecánica. Se detallan dos modalidades de aplicación con el apoyo de la web WIPACE: una sin peso en la calificación final y otra con una actividad evaluable.

Primera experiencia: sin peso en la calificación final

La primera de estas experiencias, no evaluable, se estructuró en tres fases, como se resume en la Figura 6:

1. Preparación en el aula: El docente presenta los fundamentos teóricos y prácticos de los conceptos a trabajar, junto con el enunciado del problema que se resolverá en la actividad de aula invertida y las preguntas asociadas.
2. Fase de trabajo autónomo: Los estudiantes, de forma individual, utilizan un ejercicio interactivo en la web WIPACE para resolver el problema propuesto y responder a las cuestiones planteadas.
3. Sesión de discusión en clase: Se resuelven las dudas y se discute el ejercicio en grupo, en un debate dirigido por el profesor para consolidar el aprendizaje.

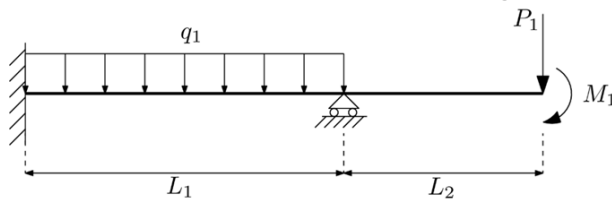
Figura 6. Las actividades realizadas contemplan tres fases: 1) exposición del problema propuesto en el aula, 2) trabajo autónomo del alumno fuera del aula y 3) resolución y debate en el aula



En este caso, se propuso la resolución de una viga hiperestática (ver Figura 7), sometida a una carga puntual y una carga uniformemente repartida. Durante la sesión

de presentación del ejercicio (fase 1), se indicó a los estudiantes que resolvieran el ejercicio siguiendo la metodología explicada en el aula para su resolución manual, empleando unos valores específicos de los parámetros del problema (longitudes L_1 , L_2 y cargas q_1 , P_1 , M_1); a continuación debían emplear el ejercicio interactivo para comprobar los resultados obtenidos y detectar posibles errores. Además, se les entregó una lista de cuestiones para que el estudiante observase cómo diversas variaciones en los datos del problema afectaban a los resultados. Por ejemplo, entre otras cuestiones, se pidió que analizaran si el incremento de la carga puntual M_1 producía una variación en la reacción vertical del apoyo intermedio y su sentido. El objetivo de esta parte del ejercicio era intentar que el estudiante anticipase la solución sin necesidad de realizar ningún cálculo para, posteriormente, comprobar si su respuesta era correcta. Para realizar esta comprobación se empleó el ejercicio interactivo, de modo que de una forma rápida el estudiante podía experimentar actuando sobre diversos parámetros del problema, comprobando su efecto sobre los diagramas de esfuerzos y la deformada de la viga.

Figura 7. Enunciado parametrizado propuesto en la experiencia sin peso en la calificación final de la asignatura



Con el apoyo de los ejercicios interactivos, los estudiantes pueden experimentar de manera sencilla con la variación de parámetros, lo que les permite reflexionar sobre los aspectos teóricos y prácticos sin la necesidad de recalcular el ejercicio manualmente. En la siguiente sesión de clase el profesor facilita un debate en el que los estudiantes comparten sus reflexiones y soluciones. El rol del docente es guiar esta discusión, corregir respuestas si es necesario y proporcionar explicaciones adicionales para reforzar el aprendizaje.

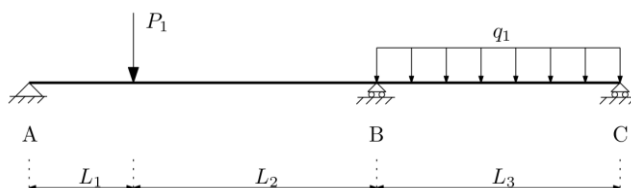
Segunda experiencia: con peso en la calificación final

La segunda experiencia de aula invertida incorpora un componente evaluable. Se solicita a los estudiantes resolver un ejercicio en clase, con datos de partida individualizados, cuya calificación tiene un pequeño peso en la evaluación final. Este problema es una variante del propuesto para el trabajo autónomo, de modo que la preparación previa facilita su resolución. Este aspecto se comunica a los estudiantes desde el inicio, con el objetivo de motivar e incentivar el trabajo autónomo. Una vez

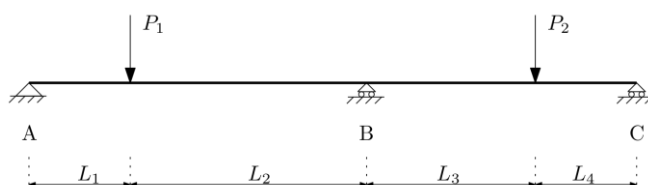
finalizado el ejercicio, los estudiantes tienen acceso a su solución a través de una versión interactiva en su dispositivo móvil. La Figura 8 ilustra esta metodología, mostrando en 5a) el ejercicio para el trabajo autónomo y en 5b) el ejercicio evaluable.

Figura 8. Ejercicios propuestos en la experiencia con peso en la calificación final de la asignatura a) problema propuesto para su resolución fuera del aula; b) problema propuesta para su realización en clase

a)



b)



RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LAS EXPERIENCIAS DE AULA INVERTIDA

Percepción del alumnado y evaluación de la experiencia

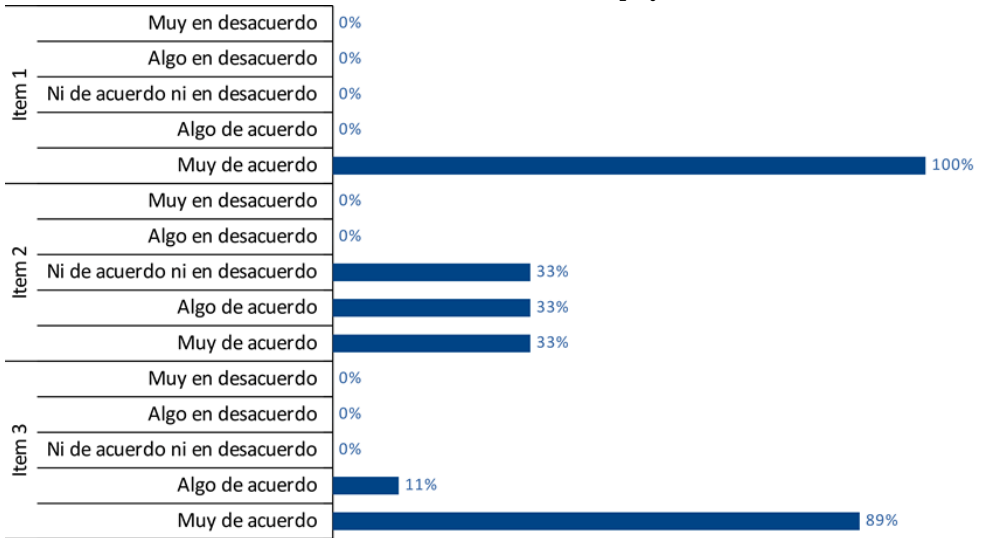
Para valorar la respuesta de los estudiantes, se han realizado encuestas al final del cuatrimestre pidiendo al estudiantado que valorase diversos aspectos de la asignatura, entre ellos las actividades de aula invertida descritas anteriormente. Se analiza la percepción de los estudiantes en relación con el diseño de la web y la utilidad de las actividades realizadas. La encuesta se realizó en un grupo de 21 estudiantes, participando 9 de ellos.

La encuesta se centró fundamentalmente en conocer la opinión de los estudiantes sobre cómo los ejercicios interactivos contribuyeron al aprendizaje de los conceptos trabajados en ellos, siempre aspectos centrales en la asignatura en cuestión. Además, se midió el grado de uso por parte de los estudiantes y la utilidad del debate en el aula tras el trabajo autónomo. Finalmente, se analizó si el uso de los ejercicios interactivos ayudó a una mejor comprensión de la asignatura.

En la Figura 9 se muestra, empleando una escala Likert (desde 1, “muy en desacuerdo”, a 5, “muy de acuerdo”) el resultado obtenido en los siguientes ítems de la encuesta:

- Ítem 1: Las actividades propuestas han facilitado el aprendizaje de los aspectos que en ellas se trabajan.
- Ítem 2: He utilizado activamente los ejercicios interactivos cuando se han propuesto actividades relacionadas con ellos.
- Ítem 3: Considero que la puesta en común y el debate realizado en el aula tras el trabajo autónomo realizado en casa con apoyo del ejercicio interactivo ha sido útil.

Figura 9. Resultados de la encuesta de opinión del estudiantado sobre las actividades de aula invertida realizadas con apoyo de la web WIPACE



Los resultados de estas encuestas demostraron que los estudiantes encontraron los ejercicios interactivos útiles para su aprendizaje, permitiendo asimilar con mayor facilidad conceptos complejos. Asimismo, los estudiantes encontraron muy útil el debate final de los ejercicios en el aula, pues permitió profundizar en algunos aspectos, que el trabajo en casa había permitido trabajar previamente, y aclarar dudas que se hubieran planteado durante el trabajo autónomo de los estudiantes.

Percepción del docente sobre la actividad

Las experiencias de aula invertida ofrecieron una alternativa a la metodología tradicional, basada en clases teóricas y resolución de problemas en la pizarra. El problema propuesto para el trabajo autónomo del estudiante usando un ejercicio interactivo de la web WIPACE resultó efectivo como dinamizador del aprendizaje del estudiante, pues el tiempo dedicado en el aula a su resolución y posterior debate demostró ser de mayor eficiencia para el aprendizaje de los estudiantes.

Sin embargo, el docente observó que la implicación de los estudiantes en el trabajo autónomo fue baja cuando la actividad no tenía un componente evaluable que incidiera en la nota final. En estas ocasiones, únicamente en torno al 25% del alumnado mostró una dedicación activa, mientras que el resto apenas usó el ejercicio interactivo, sin profundizar en las cuestiones planteadas.

A pesar de ello, el debate final en clase resultó ser un elemento muy valioso. Los estudiantes que habían realizado el trabajo previo contribuyeron de forma activa y, con la guía del profesor, lograron aclarar conceptos complejos. El debate también les resultó de utilidad a los alumnos menos implicados, ya que les ayudó a reflexionar sobre los puntos clave del ejercicio y a comprender las conclusiones más importantes.

CONCLUSIONES

Se han descrito y analizado distintos ejemplos de actividades de aula invertida realizadas en asignaturas relacionadas con la ingeniería estructural, que se diferencian por el enfoque: una sin evaluación y otra con una calificación que incide en la nota final. Ambas actividades se llevaron a cabo a través de ejercicios interactivos implementados en una plataforma web desarrollada en la Universidad de Jaén. A continuación, se detallan las principales conclusiones:

- Percepción del estudiantado: Los estudiantes valoran positivamente el uso de los ejercicios interactivos, considerándolos una herramienta que facilita su proceso de aprendizaje.

- Motivación: Las actividades propuestas vehiculan de manera efectiva el estudio autónomo; sin embargo, se ha observado que la implicación del alumnado es significativamente menor cuando no existe una evaluación asociada a la calificación final. Es recomendable asignar a estas actividades un cierto peso sobre la evaluación final de la asignatura para garantizar la motivación del estudiantado.

- Utilidad del debate: La discusión final en clase demostró ser un componente muy eficaz en ambas modalidades, beneficiando incluso a los estudiantes que no realizaron el trabajo autónomo previo.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad de Jaén la financiación facilitada para realizar este trabajo a través de los proyectos de innovación docente PIMED06_201921 y PIMED01_202224.

REFERENCIAS

- Ajmal, B., Ansari, M., y Akhtar, S. (2024). Flipped classroom: Promoting active learning on students' engagement at a higher level. *Journal of Policy Research*, 10(2), 383-390.
- Baig, M. I. y Yadegaridehkordi, E. (2023). Flipped classroom in higher education: a systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 61. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00430-5>
- Bergmann, J. y Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International society for technology in education. International Society for Technology in Education.
- Cintas, E. P. y García, F. J. Á. (2020). La adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, 13 años después: la destrucción del saber en las universidades españolas. *EUNOMÍA. Revista en Cultura de la Legalidad*, 19, 184-213.
- Doğan, Y., Batdı, V., y Yaşar, M. D. (2021). Effectiveness of flipped classroom practices in teaching of science: a mixed research synthesis. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 393-421. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1909553>
- Gallego, M. J., Gámiz, V., y Gutiérrez, E. (2010). El futuro docente ante las competencias en el uso de las tecnologías de la información y comunicación para enseñar. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 34, 1-18. <http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/418>
- García-Alberti, M., Suárez, F., Chiyón, I., y Mosquera Feijoo, J. C. (2021). Challenges and experiences of online evaluation in courses of civil engineering during the lockdown learning due to the COVID-19 pandemic. *Education Sciences*, 11(2), 59.
- Jiménez Moreno, S. (2021). Desarrollo de aplicación web interactiva para el aprendizaje de cálculo de estructuras [Trabajo de fin de grado, Universidad de Jaén]. <https://crea.ujaen.es/items/6b243c6f-c817-43be-b374-7129216d8ea0>
- Mirete, A. B., García-Sánchez, A., y Maquilón, J. J. (2014). Webs didácticas en educación superior: análisis de su contenido y valoración del estudiante. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 28(1), 95-114.
- Mosquera Feijóo, J. C., Suárez, F., Chiyón, I., y Alberti, M. G. (2021). Some web-based experiences from flipped classroom techniques in AEC modules during the COVID-19 lockdown. *Education Sciences*, 11(5), 211.
- Santillán, D. S., Feijoo, J. M., Cueto-Felgueroso, L., Rodrigo, B. G., Guerra, F. S., y Carrasco, I. C. (2018). A framework for boosting the autonomous and experiential learning for undergraduate engineering students under blended learning. En *ICERI2018 Proceedings* (pp. 9808-9815). IATED.
- Simkins, S. y Maier, M. (Eds.). (2023). *Just in time teaching: Across the disciplines, and across the academy*. Routledge.
- Suárez, F., Mosquera Feijóo, J. C., Chiyón, I., y Alberti, M. G. (2021). Flipped Learning in Engineering Modules Is More Than Watching Videos: The Development of Personal and Professional Skills. *Sustainability*, 13(21), 12290. <https://doi.org/10.3390/su132112290>

CAPÍTULO 12

METODOLOGÍA DOCENTE PARA LA APLICACIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN EN EL ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURAS DE INGENIERÍA CIVIL

JESÚS DONAIRE ÁVILA, AGUSTÍN CASTILLO MARTÍNEZ,
CARLOS ENRÍQUEZ TURÍÑO, Y FERNANDO SUÁREZ GUERRA

Universidad de Jaén

INTRODUCCIÓN

Antecedentes: Estado del arte

La titulación de Ingeniería Civil de la Universidad de Jaén cuenta en su plan de estudios con asignaturas de tecnología específica, en las que los alumnos deben adquirir competencias relacionadas con la capacidad para resolver problemas específicos en el ámbito de dichas asignaturas. El estudio de patologías o de reacondicionamiento de infraestructuras civiles existentes son temáticas clave en la formación actual de los futuros ingenieros civiles, dada la demanda social en mejorar la durabilidad y sostenibilidad de dichas infraestructuras, como se indica claramente en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) número 9 (Industria, Innovación e Infraestructuras) y 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles). En este contexto, el análisis de casos de estudio constituye un elemento de formación imprescindible para el estudiantado del grado de Ingeniería Civil. Forma parte de la metodología docente de inducción en la que a partir del análisis de estos casos específicos, se pueden extraer conclusiones relevantes que permiten afianzar conocimientos sobre la temática analizada. Además, permiten la participación activa de los alumnos y constituyen un aspecto de motivación importante que les acerca al ejercicio de la profesión.

Para llevar a cabo estas actividades, los docentes se enfrentan a determinadas cuestiones clave a la hora de plantear casos de estudio sobre patologías de infraestructuras, como son:

- Planteamiento de análisis realistas de infraestructuras que permitan a los alumnos afrontar los problemas que se generan en la vida profesional.
- Disponer de la información necesaria para llevar a cabo este tipo de actividades.
- Aplicación de la digitalización de infraestructuras integrada en la metodología BIM (Building Information Modeling) para desarrollar y resolver los casos de estudio planteados. La metodología BIM es el nuevo paradigma en el sector AECO (siglas en inglés de Architecture, Engineering, Construction and Operational), de obligado cumplimiento tanto en España como en la Unión Europea y Reino Unido desde el año 2018.

Estas cuestiones suelen ser solventadas por los docentes en función de su experiencia y conocimiento de la materia, con los siguientes inconvenientes:

- Variedad y nivel de realismo de los casos de estudio planteados.
- La documentación gráfica y los datos de campo que disponen suelen ser muy limitados. Existe falta de información adecuada para llevar a cabo el análisis de infraestructuras en las diversas asignaturas, como la topografía de la zona de estudio y la geometría de infraestructuras ya construidas (por ejemplo, desniveles del firme o el estado de deformación real de edificios o puentes).
- Dificultad para digitalizar las infraestructuras debido, entre otras razones, a la falta de información básica (datos) que permita plantear los problemas de forma completa tal y como se realiza en el ámbito profesional. Un modelo BIM requiere de información básica para poder desarrollarlos, sin la cual han de llevarse a cabo aproximaciones que pueden llegar a desvirtuar el modelo en sí mismo.
- Los alumnos no afrontan de forma integral el análisis de patologías o de reacondicionamiento en construcción, puesto que no se realizan trabajos de campo con la selección adecuada de equipos que permitan obtener información necesaria para la resolución de los problemas planteados. La participación del estudiantado en este tipo de estudios se ve reducida a un análisis numérico y una propuesta de refuerzo o reacondicionamiento de la infraestructura.

En la actualidad, se está produciendo una nueva transformación en el sector AECO con la incorporación de tecnologías disruptivas para la obtención de información del terreno e infraestructuras, como son la telemetría láser, la fotogrametría con cámaras digitales y la utilización de imágenes térmicas con cámaras de infrarrojos. La telemetría láser utiliza dispositivos LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) incorporados en medios de tipo aéreo (aviones, helicópteros o drones) o terrestre TLS (Terrestrial Laser Scanning), que permiten obtener modelos 3D tanto del terreno como de los elementos escaneados (Chen et al., 2005). La tecnología TLS se ha aplicado con éxito en la formación de ingenieros civiles, por su capacidad para obtener modelos 3D digitales de infraestructuras civiles (Figura 1) (Szafranco y Pawłowicz, 2017).

Figura 1. Telemetría Láser (TLS) para obtener modelos 3D de la Fábrica de Azúcar de San Luis de Motril, Granada



Por su parte, la fotogrametría con cámaras digitales aérea o terrestre permite obtener modelos 3D del terreno o de infraestructuras por restitución fotogramétrica (Dai y Lu, 2010; Singh et al., 2013). Su uso se ha incrementado de forma notable, gracias a la disminución del coste del software específico para el tratamiento de la información respecto a la fotogrametría tradicional, que emplea cámaras analógicas (Dai y Lu, 2010). Se utiliza a nivel académico en ingeniería civil como técnica para obtener modelos digitales del terreno, siendo una técnica alternativa o complementaria a la TLS para obtener modelos 3D de infraestructuras civiles (Kravchenko et al., 2016), posibilitando su posterior tratamiento numérico.

Por otro lado, la obtención de imágenes térmicas mediante la utilización de cámaras térmicas de infrarrojos instaladas tanto en dispositivos fijos como móviles indicados anteriormente, permite detectar anomalías y/o heterogeneidades de infraestructuras (Sirca y Adeli, 2018) o de una zona amplia de terreno, debido al diferente grado de emisión térmica que se produce en los mismos.

La creación de estos modelos 3D a partir de nubes de puntos es fundamental para poder llevar a cabo un tratamiento numérico de las infraestructuras civiles existentes en estudios de patologías y reacondicionamiento para su posterior reutilización. Además, la utilización de drones dirigidos por control remoto, donde se instalan los dispositivos comentados anteriormente, facilita considerablemente la obtención de información de infraestructuras civiles de difícil acceso de una forma rápida y económica. Su empleo en el ámbito académico es cada vez más extendido por su versatilidad, economía y su relativa facilidad de uso (Moncada y García, 2023; Ware, 2017).

Algunas investigaciones han desarrollado gemelos digitales tipo BIM de edificios educativos de educación superior, de forma que puedan resultar útiles para la gestión y administración de los propios edificios (Muñoz et al., 2024). En otros casos, se han

llevado a cabo proyectos de innovación docente relacionados con la arqueología, la geografía o la ordenación del territorio (Gutiérrez et al., 2019), y que han resultado, fundamentalmente, en la creación de bases de datos para el rápido acceso a recursos didácticos sobre digitalización 3D y LiDAR. Sin embargo, el presente proyecto de innovación docente pretende integrar el uso de las herramientas digitales descritas en la docencia de las asignaturas de tecnología específica de ingeniería civil.

Descripción del proyecto

El proyecto de innovación docente pretende establecer las bases para incorporar la digitalización en el análisis de patologías y de reacondicionamiento de infraestructuras civiles existentes en las asignaturas de tecnología específica de la titulación de Ingeniería Civil. Se pretende con ello establecer un sistema de aprendizaje de tal forma que el alumno reciba una formación completa a la hora de realizar este tipo de estudios técnicos. Es decir, que alumno experimente cada una de las fases del mismo, como son:

- Estudio de campo con la utilización de técnicas avanzadas —telemetría láser, fotogrametría digital e imágenes termográficas— para la obtención de información (datos e imágenes), utilizando medios terrestres o aéreos mediante drones.

- Posprocesado de la información con software específico.

- Digitalización de la infraestructura analizada con la incorporación de la información registrada.

- Análisis de la infraestructura y propuesta de medidas de reacondicionamiento y/o refuerzo.

Objetivos del proyecto

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo del proyecto de innovación docente que se propone son los siguientes:

- Establecer una metodología docente que permita realizar actividades para el análisis de infraestructuras civiles de una forma integral, es decir, abarcando todas las fases del proceso de análisis.

- Incremento de la participación e implicación de los alumnos en la realización de estudios técnicos (en forma de prácticas o incluso Trabajos Fin de Grado), basados en el análisis de patologías y reacondicionamiento de infraestructuras civiles existentes en asignaturas de tecnología específica de la titulación de Ingeniería Civil. Se pretende mejorar los resultados de aprendizaje respecto a la resolución de problemas sobre casos ficticios basados en supuestos teóricos.

De esta forma, el proyecto pretende contribuir de forma determinante a lograr los siguientes objetivos específicos planteados en el Plan de Innovación y Mejora Docente de la Universidad de Jaén (PIMED-UJA 2019 (2019-2023)):

- Promover la utilización innovadora de los recursos y servicios de la Universidad de Jaén. En este caso, la utilización de equipos para la obtención de información en trabajo de campo.

- Potenciar el desarrollo de técnicas, procesos y estrategias que motiven al profesorado a fomentar sus clases e impulsar la participación activa del alumnado.

MÉTODO

Metodología que guiará el aprendizaje

La metodología que se propone para incorporar el análisis de infraestructuras existentes mediante su digitalización en asignaturas de tecnología específica del grado de Ingeniería Civil, cuenta con las siguientes fases:

- Coordinación entre asignaturas básicas y de tecnología específica. Para lograr la digitalización de una obra es fundamental contar con conocimientos específicos de asignaturas como Dibujo y Topografía.

- Selección de casos de estudio al comienzo del curso. Planificación con profesorado de topografía y de construcción.

- Trabajo de campo.

- Trabajo de posprocesado.

- Trabajo de gabinete: análisis de patologías, proyecto de reacondicionamiento estructural.

- Informe final

Para evaluar la metodología propuesta, se propuso la realización de dos actividades programadas con alumnos de cuarto curso del Grado en Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Superior de Linares. La primera consistió en la digitalización de los puentes ferroviarios del Hacho (tanto metálico como de hormigón pretensado), situados en los términos municipales de Alamedilla y Guadahortuna (Granada) para su análisis. La segunda se realizó en el interior del Campus Científico-Tecnológico de Linares, en el exterior del edificio de usos administrativos, llevando a cabo la digitalización de una zona de este último inmueble para analizar patologías de fisuración en fachada de hormigón.

Recursos disponibles y su adecuación al proyecto

La Universidad de Jaén cuenta en la actualidad con una serie de equipos para registro de información en trabajos de campo, bajo la supervisión del profesor Carlos Enríquez Turiño, utilizados en este proyecto de innovación docente. Son los siguientes:

- Dron Mavic DJI3T (Figura 2a), que incluye cámara RGB y térmica.

- Dron Matrice 300 RTK (Figura 2b), que incluye equipo LiDAR Ultra 200

Figura 2. Drones utilizados en el proyecto (UJA): (a) Mavic DJI3T; (b) Matrice 300 RTK



Además, se cuenta con licencias académicas para el empleo de programas informáticos para el tratamiento de la información obtenida en trabajo de campo, como son los siguientes:

- Metashape, software de fotogrametría que permite crear modelos 3D de alta precisión a partir de imágenes digitales, generar nubes de puntos y ortomosaicos, tanto con imágenes RGB como térmicas y multiespectrales.
- Topodrone para el procesamiento de datos LiDAR.
- DJI Pilot, para planificación de vuelos con dron.
- Autodesk Recap, para gestión de la nube de puntos y análisis de infraestructuras.
- Autodesk Revit, para creación de modelo BIM a partir de nube de puntos.

Actividad programada 1: Digitalización de los puentes del Hacho

Esta actividad se llevó a cabo en la asignatura Procedimientos de Construcción II, relacionada con el tema de procedimientos de construcción de puentes y su reacondicionamiento estructural. El objetivo era analizar los viaductos para analizar sus características, el procedimiento constructivo llevado a cabo y las posibles medidas de conservación y reacondicionamiento.

Situado en la línea ferroviaria Linares-Almería (vía Moreda), el primer Puente del Hacho fue elegido para la visita técnica por su interés patrimonial, que fue oficialmente reconocido por primera vez mediante declaración como monumento histórico-artístico por el Ministerio de Cultura el 21 de febrero de 1979 (Reyes y Giménez, 2014), culminándose el expediente mediante declaración de Bien de Interés Cultural (BIC), categoría monumento, en 2024. La línea, que fue explotada hasta 1916 por la Compañía de los Caminos de Hierro del Sur de España, pasó a manos de la Compañía de Ferrocarriles Andaluces (Reyes y Giménez, 2015).

Construido entre los años 1886 y 1897, y situado sobre el valle del río Guadahortuna, consta básicamente de tres tramos de estructura metálica, sustentados por once pilastras, siete metálicas y cuatro de mampostería, además de los dos estribos. La peculiaridad técnica del puente estriba en que los perfiles estructurales de su diseño son de tres tipos exclusivamente: en ángulo, pletinas y en forma de “U”. Todas ellas están realizadas en acero laminado y unidas mediante roblonado, con claras influencias en el diseño por parte de la escuela de Eiffel, y estando considerado como el viaducto metálico de mayor longitud de España hasta finales del siglo XX (Rubio et al., 2003). Paralelo a este puente, se construyó otro en 1970 mediante estructura de hormigón pretensado, y que sigue estando en uso en la línea Linares-Almería en sustitución del original.

Para el desarrollo de esta actividad, se llevaron a cabo las diferentes fases propuestas en la metodología de aprendizaje del proyecto:

- Actuaciones previas al desarrollo de la práctica. Coordinación del profesorado de las áreas de Ingeniería de la Construcción (Jesús Donaire y Agustín Castillo) y de Cartografía, Geodesia y Topografía (Carlos Enríquez) de la UJA que participaron en el proyecto. Desde el área de topografía, se realizó la gestión de permisos de vuelos de drones con la Base Aérea de Armilla (Granada) del Ejército del Aire de España, responsable de la gestión del espacio aéreo donde se ubican los puentes.

- Trabajo de campo. Consistió en la realización de vuelos con drones equipados con cámaras RGB para restitución fotogramétrica (Figura 2a) y cámaras LiDAR (Figura 2b), al objeto de obtener nubes de puntos a color (point clouds) tanto de las infraestructuras como del terreno donde se localizan. Para ello, alumnos y profesores, se trasladaron en autobús a la localidad donde se ubican los puentes, junto con los equipos de toma de datos (Figura 3). La planificación del vuelo se realizó previamente con el software DJI Pilot, con el objetivo de lograr suficiente solape en el vuelo, tanto lateral como frontal, para poder realizar una correcta reconstrucción de los puentes.

Figura 3. Alumnos y profesores durante el trabajo de campo en los puentes del Hacho



- Posprocesado de la información. El profesor Carlos Enríquez llevó a cabo el posprocesado de la información para obtener la nube de puntos, utilizando el software específico Metashepa y Topodrone, siendo exportadas en formatos “.las” y “.e57”.

- Trabajo de gabinete. Los alumnos llevaron a cabo un trabajo práctico en la sala de informática para analizar la nube de puntos con el software Recap de Autodesk (Figura 4). El objetivo era determinar las dimensiones principales de los puentes, como su canto, altura sobre rasante del tablero y altura de pilas (Figura 4). Asimismo, pudieron constatar la patología de asiento del terraplén en el estribo norte (diferencia de espesor de balasto según en la línea amarilla de la Figura 5a) y su progresión (diferencia de cota entre la línea roja y el carril en la Figura 5a). En el modelo digital, se pudo estimar el valor del asiento del terraplén $1.72 - 0.31 = 1.41\text{m}$ (Figura 5b).

Figura 4. Modelo de nube de puntos de los puentes del Hacho (Autodesk Recap)

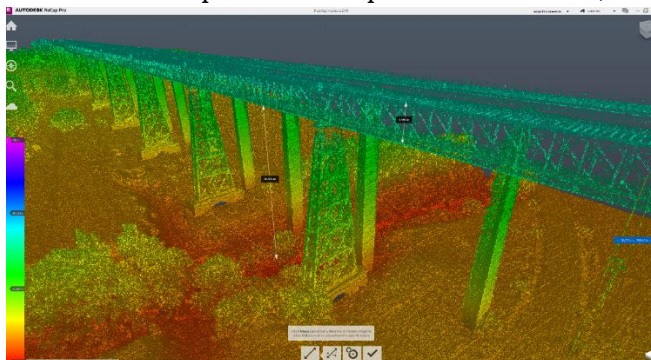
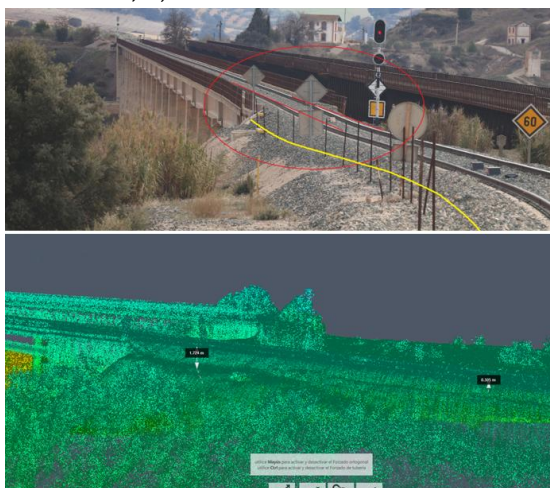


Figura 5. Asiento en el estribo norte del puente del Hacho de hormigón pretensado:

a) zona de asiento; b) estimación de asiento en modelo digital



- Informe final. Los alumnos presentaron de forma individual un informe del trabajo realizado, describiendo el proceso completo de la actividad. El objetivo, a futuro, es utilizar esta nube de puntos en programas de entorno BIM, como Autodesk Revit, para poder realizar un modelo digital de la infraestructura. Esto permitirá realizar operaciones de refuerzo estructural para reacondicionamiento de ésta, adaptándola a un nuevo uso, algo fundamental en la ingeniería civil del siglo XXI.

Actividad programada 2: práctica en Campus Científico-Tecnológico de Linares

Esta actividad se llevó a cabo en la asignatura Edificación del grado de Ingeniería Civil. El edificio de servicios generales cuenta en una de sus fachadas con una patología de fisuración debido a la retracción térmica e hidráulica del hormigón. El objetivo era obtener un mapa térmico de la fachada, al objeto de detectar la fisuración con esta tecnología disruptiva e innovadora.

- Actuaciones previas al desarrollo de la práctica. Coordinación similar a la llevada a cabo en la actividad práctica de los puentes del Hacho. En este caso, la gestión del permiso de vuelo se hizo con la Policía Nacional.

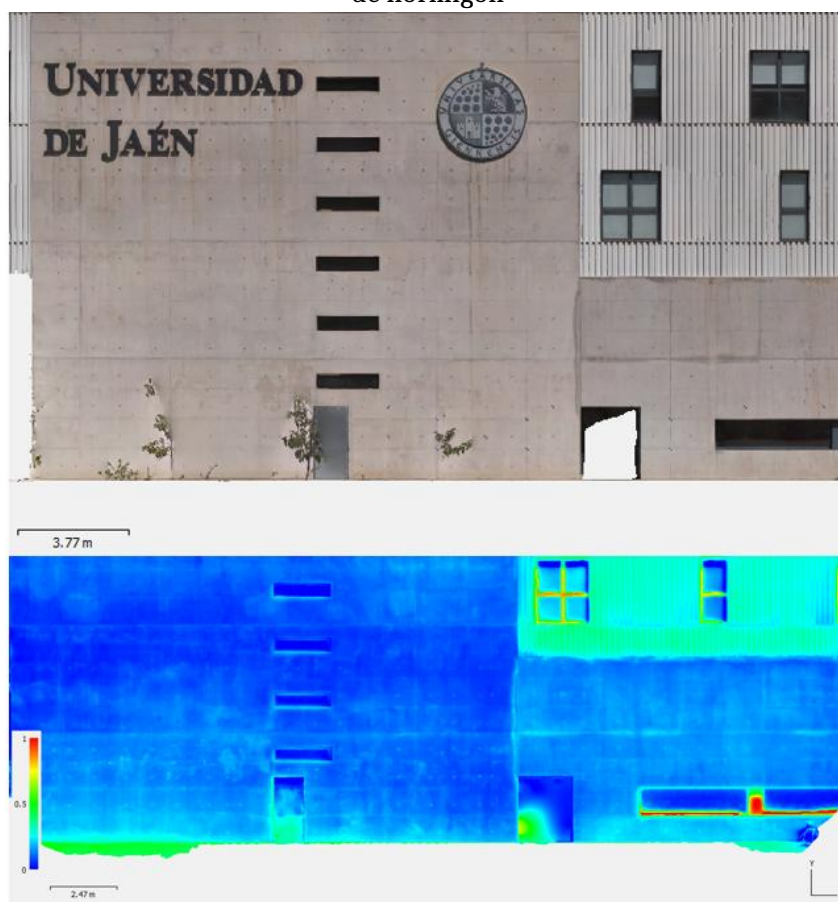
- Trabajo de campo. Consistió en la realización de vuelo con dron equipado con cámaras infrarrojas (IR) y RGB para restitución fotogramétrica (Figura 6a). Los alumnos presenciaron el procedimiento completo para la toma de datos, con la georreferenciación del dron y la preparación del vuelo para el mapeado de la fachada. Se realizaron dos vuelos, uno a mediodía (Figura 6a) y otro después del ocaso (Figura 6b), al objeto de medir la temperatura de la fachada y analizar las diferencias en el grado de emisión térmica de la fachada.

Figura 6. Trabajo de campo con vuelo de dron: a) mediodía; b) ocaso



- Posprocesado de la información. El profesor Carlos Enríquez llevó a cabo el posprocesado de la información utilizando el software Metashape, para obtener tanto la imagen restituída de la fachada (Figura 7a) como el mapa de calor de emisión por infrarrojos de la fachada (Figura 7b). Se puede observar en ambas figuras la presencia de la fisura. La imagen térmica muestra la distribución del calor en la fachada. Este tipo de imágenes pueden usarse para la detección de problemas de aislamiento, humedades o, como en este caso, una fisura.

Figura 7. Fachada lateral edificio de servicios generales EPS Linares: (a) restitución fotogramétrica; (b) imagen termográfica de la fachada lateral con la fisura en el muro de hormigón



- Trabajo de gabinete. Los alumnos llevaron a cabo un trabajo práctico en la sala de informática para analizar las imágenes obtenidas, detectando la presencia de la fisura (Figura 7).

- Informe final. Los alumnos presentaron de forma individual un informe del trabajo realizado, describiendo el proceso de formación de la fisura analizado en clase (basado en la aplicación de las ecuaciones constitutivas de la elasticidad incluyendo efectos térmicos de forma desacoplada), así como la presencia de la misma en la fachada obtenida mediante imagen de infrarrojos. Esta actividad contó con la participación del profesorado del Área de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras integrado en el equipo de investigación del proyecto, coordinado por el profesor Fernando Suárez.

Indicadores y modo de evaluación

Como se ha indicado anteriormente, la metodología propuesta para la digitalización y estudio de patologías en infraestructuras civiles se aplicó en las asignaturas Procedimientos de Construcción II y Edificación del grado de Ingeniería Civil. Se indican, a continuación, los indicadores y modos de evaluación de la aplicación del proyecto. Son los siguientes:

- Encuestas. Se llevaron a cabo encuestas anónimas entre 15 alumnos participantes, con el siguiente resultado:

Tabla 1. Resultado de las encuestas de opinión del alumnado en % sobre el total de alumnos encuestados

	Valoración				
	1	2	3	4	5
Utilidad de las actividades académicas en la formación como Ingeniero Civil	0	0	0	20	80
Contribución de las actividades a la comprensión de contenidos en las asignaturas donde se aplican	0	0	6	27	67

Valoración

Las actividades contaron con una amplia aceptación por parte de los alumnos, tanto en la comprensión de contenidos como en su formación (más del 90% con puntuación igual o superior a 4). Por último, en la encuesta se solicitó a los alumnos que indicaran sugerencias o comentarios para mejorar o enriquecer la actividad práctica. En su gran mayoría, propusieron extender este tipo de actividades al resto de asignaturas de la titulación, incluyendo fase de trabajo de campo y de gabinete.

- La tasa de éxito (% de alumnos aprobados respecto al de alumnos presentados) de las prácticas que incluyeron estas actividades en las dos asignaturas de referencia fue del 100%, lo que indica un interés elevado de los alumnos que siguen la asignatura. La tasa de rendimiento (% de alumnos aprobados respecto al de alumnos matriculados) fue del 20% en Procedimientos de Construcción II y del 43% en Edificación, muy similar a la tasa de rendimiento de las asignaturas.

RESULTADOS

Resultados encontrados del proyecto

Tras la aplicación del proyecto de innovación docente durante el curso 2024-2025 en las asignaturas Procedimientos de Construcción II y Edificación, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

- La tecnología de toma de datos mediante cámaras de alta resolución y LIDAR para obtener nubes de puntos genera archivos con un tamaño de memoria muy elevado, de varios Gigabytes. Esto implica la necesidad de emplear equipos informáticos con memoria RAM de 16 GBytes como mínimo. El empleo de equipos de menores prestaciones, implica tiempos de ejecución muy elevados, que dificultan la realización de prácticas en una hora lectiva. Se requirieron dos horas consecutivas para poder analizar la información.

- La receptividad de los alumnos acerca de la digitalización de las infraestructuras fue muy elevada.

- La aplicación de nuevas tecnologías en clases prácticas supone una mayor motivación para los alumnos, por la implicación profesional o de continuidad con estudios superiores que tiene para su formación.

- Es necesaria la colaboración transversal entre el profesorado de diversas áreas de conocimiento del plan de estudios de Ingeniería Civil para poder llevar a cabo la realización de actividades integrales como las que se plantean en este proyecto.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

El proyecto de innovación docente propuesto se basa en la digitalización de infraestructuras de obra civil para análisis de reacondicionamiento estructural y de patologías en asignaturas de tecnología específica del grado de Ingeniería Civil de la UJA, empleando tecnologías avanzadas para toma de datos mediante drones equipados con equipos LiDAR, cámaras RGB y cámaras infrarrojas. La aplicación práctica se llevó a cabo en las asignaturas Procedimientos de Construcción II y Edificación del grado de Ingeniería Civil de la UJA durante el curso 2024-2025. Se presentan a continuación las principales conclusiones del proyecto llevado a cabo:

La digitalización de infraestructuras para llevar a cabo análisis de reacondicionamiento y/o patologías requiere de la participación de profesorado de diferentes áreas de conocimiento, aspecto a tener en cuenta en la confección de los planes de ordenación docentes de las titulaciones.

Las actividades de digitalización de infraestructuras planteadas en este proyecto, incluyendo todas las fases que comporta un estudio de este tipo (actuaciones previas, permisos oficiales, trabajo de campo, posprocesado, trabajo de gabinete y realización de informes) incrementan tanto las habilidades y destrezas como la motivación del

estudiantado a la hora de adquirir las competencias profesionales en asignaturas de tecnología específica.

La tecnología BIM, a partir de digitalización de infraestructuras mediante la utilización de nubes de puntos y software específicos para tratamiento de la información, requiere de una tecnología informática avanzada para poder realizar actividades académicas como la digitalización de puentes o edificios. Este es un aspecto fundamental que las universidades deben considerar si se desea impartir una formación de excelencia y de calidad. La inversión en este tipo de formación redundará en el mejor aprovechamiento de infraestructuras, mejorando aspectos como la sostenibilidad, relacionados con los objetivos de desarrollo sostenible planteados por Naciones Unidas.

Agradecimientos

El proyecto de innovación docente (PIMED18_202224) ha sido financiado por el Plan de Innovación y Mejora Docente PIMED-UJA 2019-2023 (convocatoria PIMED-UJA 2022) de la Universidad de Jaén, correspondiente a la convocatoria de 24 de noviembre de 2022. Asimismo, debemos mostrar especial agradecimiento al grupo de investigación TIC-144 de Informática Gráfica y Geomática de la UJA por la puesta a disposición del proyecto de los equipos de drones y cámaras necesarias para llevarlo a cabo.

REFERENCIAS

- Chen, X., Xia, Q., Zhang, S., y Zhou, Y. (2005). 3D laser scanners system for surveying and engineering. *Proceedings International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 3–5.
- Dai, F. y Lu, M. (2010). Assessing the accuracy of applying photogrammetry to take geometric measurements on building products. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(2), 242–250.
- Gutiérrez, J., Carrocera, E., De La Rasilla, M., García, A., Busto, M., y Fernández, F. (2019). Creación de una biblioteca de recursos didácticos digitales (3D y LiDAR) para la docencia de asignaturas de Arqueología, Prehistoria y Geografía de los grados de Historia y de Geografía y Ordenación del Territorio. En M. Fueyo Gutiérrez (Ed.), *X Jornadas de Innovación Docente 2017. Redes para la innovación de la docencia: La participación del alumnado* (pp. 462–465).
- Kravchenko, I., Luhmann, T., y Shults, R. (2016). Concept and practice of teaching technical university students to modern technologies of 3D data acquisition and processing: A case study of close-range photogrammetry and terrestrial laser scanning. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 41, 65–69.
- Moncada, J., García, O., y Poveda, R. (2023). Economic drones in education. *Elementary Education Online*, 20(6), 1291–1298.
- Muñoz, R., García, M., Arcos, A.A., y Cepa, J. (2024). BIM-based digital twin development for university campus management: Case study ETSICCP. *Expert Systems with Applications*, 262.

Reyes, J.M. y Giménez, M. (2014). *Miradas desde el Ferrocarril del Azúcar*. Axares.

Reyes, J.M. y Giménez, M. (2015). *Hitos del patrimonio industrial en la provincia de Granada*. Axares.

Rubio, M.Á., Giménez, M., y Reyes, J.M. (2003). *Patrimonio industrial en Granada*. Asukaría Mediterránea.

Singh, S., Jain, K., y Mandla, V. (2013). Virtual 3D campus modeling by using close-range photogrammetry. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 1(6), 200–205.

Sirca, G. y Adeli, H. (2018). Infrared thermography for detecting defects in concrete structures. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(7), 508–515.

Szafranco, E.H. y Pawłowicz, J. (2017). The application of a 3D laser scanner in contemporary education of civil engineering students. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 251, 1–8.

Ware, J. (2017). Teaching with drones: The challenges and the opportunities. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 83(12), 807–808.

CAPÍTULO 13

INCORPORACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS LABORALES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS E INGENIERAS INDUSTRIALES: APORTANDO DESDE LA UNIVERSIDAD AL LOGRO DEL ODS 8

MARJORIE MORALES CASETTI* Y MARCO TULIO BUSTOS GUTIÉRREZ**

**Universidad de La Frontera; **Universidad Católica de Temuco*

INTRODUCCIÓN

En 2022, respondiendo a una creciente conciencia sobre los efectos negativos del acoso, la discriminación y el maltrato laboral en la salud mental, la productividad y la sostenibilidad organizacional, la Conferencia Internacional del Trabajo incluyó como principio y derecho fundamental el tener “un entorno de trabajo seguro y saludable” (OIT, 2025). Esta promoción del trabajo decente se vincula directamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 8 de la Agenda 2030, para el cual la igualdad de género (ODS 5) y la educación de calidad (ODS 4) resultan ser aceleradores del logro (Rodríguez y Gil-González, 2024). En esta línea, OIT (2022) afirma que para avanzar en el ODS 8 es necesario garantizar los derechos en el trabajo, extender la protección social y el enfoque de género. Todo lo anterior, ha relevado “la importancia de que las empresas enfrenten de manera proactiva la violencia y el acoso en el trabajo y revisen la adecuación e idoneidad de sus políticas y prácticas en el lugar de trabajo” (OIT, 2022:10), debiendo implementar buenas prácticas laborales entendidas como aquellas experiencias de carácter colectivo que en el marco de respeto a los principios y derechos fundamentales en el trabajo, pueden ser calificadas como exitosas para garantizar el bienestar de los trabajadores y trabajadoras, y el progreso de las organizaciones (OIT, 2005).

En el caso chileno, en 2024 entró en vigencia la Ley N° 21.643 que obliga a las organizaciones a contar con protocolos de prevención del acoso laboral y mecanismos de protección a las personas afectadas. Asimismo, la Norma Chilena 3262:2021 promueve la instalación de Sistemas de Gestión de Igualdad de Género y Conciliación de la Vida Laboral, Familiar y Personal. Estos marcos legales no solo buscan construir entornos laborales seguros y saludables, sino que también desafían a los espacios educativos a formar profesionales capaces de liderar procesos de cambio organizacional desde una perspectiva humana, inclusiva y sostenible (Leyva y Estevez, 2024; Rodríguez y Gil-González, 2024). De acuerdo con Reverter (2022) el concepto de “trabajo decente” en la formación profesional debe ser trabajado incorporando explícitamente la perspectiva de género.

Por tanto, mientras las universidades tienen la importante misión de formar y preparar profesionales para desempeñarse en las diversas actividades socioeconómicas, actualizándolos y perfeccionándolos en competencias específicas (León et al., 2021; Leyva y Estevez, 2024); las y los docentes deben dejar atrás el paradigma tradicional de transmisión de conocimientos y avanzar a sesiones de clases donde el estudiantado reflexione, solucione problemas y exponga sus puntos de vista, fomentando la motivación intrínseca y el aprender a aprender (Mayor, 2015). Si se busca formar profesionales que creen entornos de trabajos amables y seguros, se deben proveer espacios educativos significativos y desarrolladores dentro del ámbito universitario, los cuales no sean simples lugares de transmisión de información, sino entornos dinámicos diseñados para el fomento integral del estudiantado, la gestión del talento y la promoción activa de la igualdad y la equidad (León et al., 2021; Leyva y Estevez, 2024). Además, se debe procurar un clima de aula positivo caracterizado por la buena disposición, percepción de justicia, entusiasmo, respeto, tolerancia, flexibilidad, confianza, empatía, y el reconocimiento de las diferencias (León et al., 2021; Lara et al., 2021).

Aun cuando, la incorporación de estas temáticas en los planes de estudio de carreras de ingeniería sigue siendo incipiente, las asignaturas orientadas a la gestión del talento humano u organizacional ofrecen una oportunidad privilegiada para introducir contenidos y prácticas que anticipen los desafíos que las y los futuros profesionales enfrentarán en sus contextos laborales (Guerrero et al., 2011; Morales-Casetti y Bustos-Gutiérrez, 2024).

Para contribuir a la formación de profesionales que promuevan espacios laborales amables, seguros y respetuosos, en la experiencia que se describe en este capítulo se innovó en la práctica pedagógica de una asignatura del grado de Ingeniería Industrial el cual posee un 32% de participación femenina y cuyo perfil de titulación se enfoca en la formación de “un o una profesional con capacidades para desempeñarse en las áreas de inteligencia de negocios, procesos productivos, proyectos, y gestión. Su sello profesional es el diseño en ingeniería con innovación y responsabilidad social. Cuenta con conocimientos en ciencias básicas, ciencias de la ingeniería, gestión de operaciones, ingeniería de gestión, economía y finanzas, marketing, sistemas de información, análisis de datos, que le otorgan capacidades analíticas y metodológicas para aplicar inteligencia de negocios, diseñar procesos productivos, gestionar proyectos y organizaciones. Posee habilidades para comunicarse de manera global y efectiva, integrar equipos de trabajo, y aplicar nuevos conocimientos utilizando estrategias apropiadas de aprendizaje. Asimismo, reconoce responsabilidades éticas en su quehacer profesional. Su formación le permite desempeñarse en organizaciones del sector público o privado, y ejercer su profesión

de manera independiente en el ámbito de su disciplina” (Universidad de La Frontera, 2021).

La hipótesis que se plantea es que la integración de buenas prácticas laborales en la planificación e implementación de una asignatura de ingeniería contribuye a mejorar el clima de aula y promover una mayor conciencia sobre el rol profesional en la creación de entornos laborales saludables.

El objetivo general del capítulo es describir una experiencia de incorporación de buenas prácticas laborales en la docencia universitaria, desarrollada en un curso del plan de estudios de Ingeniería Industrial. Los objetivos específicos son: 1) identificar acciones vinculadas a buenas prácticas laborales factibles de incorporar; 2) aplicar las acciones de buenas prácticas en el curso; y 3) analizar la percepción del estudiantado respecto a dichas prácticas.

MÉTODO

La metodología utilizada consistió en la realización de actividades para el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos. Se trabajó con la versión del curso “Organizaciones y Gestión del Talento Humano” impartida en el primer semestre del año 2025 (marzo-julio), donde participaron 60 estudiantes con un 33,3% de mujeres, con edades entre 20 y 28 años, donde el 15% se declaró perteneciente a un pueblo originario. Esta asignatura corresponde al quinto nivel de formación y tiene como propósito que las y los estudiantes conozcan distintas teorías de la administración, comprendan las relaciones entre personas, grupos y organizaciones, e identifiquen prácticas de gestión del talento humano que incorporan perspectiva de género, ética y responsabilidad social, en concordancia con el pilar de inclusión, equidad y diversidad del Modelo Educativo de la Universidad de La Frontera (Universidad de La Frontera, 2025a).

Para cumplir cada uno de los objetivos específicos se utilizaron distintos instrumentos. En relación al objetivo específico identificar acciones vinculadas a buenas prácticas laborales factibles de incorporar, los instrumentos utilizados fueron la encuesta de caracterización del estudiantado aplicada al inicio del semestre (realizada mediante Google Forms) y el syllabus, los cuales facilitaron la definición de las acciones a incorporar, partiendo de la premisa que el conocimiento debe construirse con compromiso con la igualdad, la diversidad, la justicia social, los derechos humanos, los principios democráticos, la solidaridad y la inclusión (Reverter, 2022). Lo anterior, requiere competencias docentes en temáticas sociales y de género que permitan al profesorado actuar como agente de cambio en este desafío (Saborío-Taylor y Arguedas-Viquez, 2023).

Para el segundo objetivo específico, aplicar las acciones de buenas prácticas en el curso se consideró la necesidad de construir un espacio interactivo significativo

donde estudiantes y docente intervengan activamente, propiciando el aprendizaje y el desarrollo de competencias (Leyva y Estevez, 2024), y permitiendo la interiorización y concientización sobre la igualdad y equidad de género en el contexto educativo (Saborío-Taylor y Arguedas-Viquez, 2023). Estos espacios de aprendizaje significativo se caracterizan por promover una interacción sinérgica de actitudes y comportamientos que generan circunstancias favorecedoras para la experiencia de aprendizaje (León et al., 2021). A la vez, se tuvo en cuenta que el estudiantado es parte de la Generación Z, lo que implica que han crecido en un contexto de saturación de información y de sobreexposición en redes sociales, lo que reviste un mayor desafío para la docencia puesto que hay que encontrar la manera de captar y mantener su atención, haciendo necesario ofrecer un apoyo y refuerzo constante para mantener la motivación del estudiantado (Reverter, 2022). Uno de los apoyos utilizados para la práctica docente en aula fue la herramienta digital Mentimeter que permitió incorporar actividades interactivas y competitivas que fomentaran la participación.

Finalmente, para analizar la percepción del estudiantado respecto a dichas prácticas (tercer objetivo específico), se utilizó un enfoque cualitativo aplicando un instrumento de evaluación de la docencia y un grupo focal mediado por herramientas digitales.

El procedimiento se estructuró en tres fases considerando cada uno de los objetivos específicos. En la primera fase se definieron contenidos a partir de los cuales se podían generar acciones en el contexto del curso para ser integradas en las clases teóricas o prácticas, para ello se utilizó el syllabus de la asignatura. Para la fase de aplicación de las acciones durante la primera semana de clases se realizó, mediante Google Forms, una Encuesta de Caracterización a todo el grupo curso, en la que se recopiló información sobre: fecha de nacimiento, género, pertenencia a pueblo originario, personas cuidadoras, estudiantes con responsabilidades laborales. Posteriormente, en las sesiones teóricas y prácticas se implementaron las acciones diseñadas en la primera fase.

Por último, en la tercera fase y para analizar la percepción del estudiantado, en una de las últimas sesiones se realizó el grupo focal facilitado por la herramienta digital Mentimeter, donde se dispusieron 4 actividades interactivas:

- Pregunta: ¿Qué acciones identificas en el curso relacionadas a buenas prácticas de gestión del talento humano?

- Nube de palabras: Señala en una o dos palabras las actividades que fueron más significativas

- Escala de valoración: 7 reactivos en escala de 1 a 5 donde el estudiantado debía indicar su grado de acuerdo en relación con la realización de cada actividad

- Pregunta: ¿Por qué crees que cada vez más organizaciones incorporan la perspectiva de género en la Gestión del Talento Humano?

Adicionalmente, se consideraron los resultados de la encuesta de evaluación de la docencia aplicada a nivel institucional. En particular, se analizaron las calificaciones que el estudiantado dio a la docente en las dimensiones: Motivación y participación estudiantil; Relación interpersonal y; Formación integral.

RESULTADOS

Como resultado del primer objetivo específico identificar acciones vinculadas a buenas prácticas laborales factibles de incorporar, se escogieron los siguientes contenidos y acciones.

- Conciliación vida laboral, personal y familiar: en relación a este contenido temático y con el fin de fomentar relaciones de cuidado y un clima de aula donde exista conexión y preocupación mutua, cohesión, inclusión y cooperación, y en el cual la docente se preocupe por el bienestar y las necesidades individuales de los y las estudiantes (Lara et al., 2021), se identificó, la necesidad de implementar flexibilidad horaria mediante la aplicación de la Encuesta de Caracterización, que permitió saber si existían personas cuidadoras o trabajadoras que requiriesen flexibilidad.

- Cultura organizacional: el contenido teórico fue complementado con la creación de una cultura de curso y el fomento de la comunidad al interior del grupo que permita que las y los estudiantes se sientan parte valiosa y contribuyente de la clase (Lara et al., 2021), así siguiendo las recomendaciones de Robbins y Judge (2009) para la asimilación de una cultura organizacional, se instauró el “rito” de celebración de los cumpleaños del mes.

- Segregación horizontal: considerando que las leyes nacionales exigen la inclusión transversal de la perspectiva de género en todos los planes de estudio, siendo necesario visibilizar brechas de género y planificar acciones correctivas (Rodríguez y Gil-González, 2024), se decidió conformar grupos paritarios para evitar el agrupamiento exclusivo por sexo y potenciar la diversidad (Reverter, 2022; Saborío-Taylor y Arguedas-Viquez, 2023).

- Teorías de motivación: siendo la motivación un elemento primordial en la explicación de la conducta humana que además influye en la participación activa y la persistencia en el aprendizaje (Moral et al., 2022), para poner en práctica los contenidos sobre teorías y programas de motivación, se utilizaron incentivos para recompensar el buen desempeño en breves cuestionarios competitivos realizados utilizando Mentimeter.

Por último, bajo la premisa de que las y los ingenieros industriales deben actuar como agentes de cambio, analizando las causas de la exclusión y reconociendo la contribución de todas las personas a los procesos productivos (Reverter, 2022) se incorporaron cuatro actividades de autoconocimiento y aprendizaje vinculadas a la

orientación profesional que permitan comprender la aplicabilidad de los conocimientos teóricos y prácticos en el desarrollo laboral futuro (Moral et al., 2022):

- Adecuación personalidad y trabajo: realización de test de personalidad para complementar contenidos teóricos y aportar al autoconocimiento.
- Capacitación: incorporación de un taller para desarrollar habilidades de empleabilidad complementarias a los contenidos teóricos.
- Trabajo en equipo: realización de dinámicas para desarrollar habilidades de trabajo colaborativo.
- Evaluación del desempeño: instauración de la auto y coevaluación del trabajo en equipo.

Los resultados de la segunda fase relacionada con el objetivo aplicar las acciones de buenas prácticas en el curso, se detallan a continuación.

- Conciliación vida laboral, personal y familiar: En la primera semana de clases se aplicó, mediante Google Forms, una Encuesta de Caracterización a todo el grupo curso, en la que se recopiló información sobre: fecha de nacimiento, género, pertenencia a pueblo originario, personas cuidadoras, estudiantes con responsabilidades laborales. No hubo personas que se identificaran con género distinto a su sexo ni tampoco personas identificadas como no binarias. De acuerdo con la declaración del estudiantado no había personas cuidadoras, y si bien el 36% tenía responsabilidades laborales éstas se concentraban en los fines de semana o después de las 18:00 horas, por lo que no fue necesario implementar medidas de flexibilidad horaria.

- Cultura organizacional: La información sobre la fecha de nacimiento permitió instaurar el rito de que en la última sesión de cada mes se saludaba y se le regalaba un snack a aquellas personas que estaban de cumpleaños en ese mes (7 personas en marzo, 2 en abril, 4 en mayo, 6 en junio y 7 en julio).

- Segregación horizontal: Con el fin de conformar doce equipos diversos, las 20 mujeres del curso (33,3%) fueron distribuidas de la siguiente manera: 8 equipos contaron con dos mujeres y tres hombres, y 4 equipos con una mujer y cuatro hombres.

- Teorías de motivación: Como una forma de promover la motivación, la participación y la sana competencia, en cuatro de las doce sesiones teóricas se realizaron cuestionarios competitivos con la herramienta Mentimeter. Estos cuestionarios evaluaban los contenidos recién expuestos y las personas que ocupaban los tres primeros lugares (mejor desempeño) obtenían una recompensa de 3 décimas en una evaluación sumativa.

- Adecuación personalidad y trabajo: en una de las sesiones prácticas enfocadas al autoconocimiento y desarrollo de habilidades de empleabilidad, las y los estudiantes contestaron el “Test de 16 personalidades” para identificar sus

características personales y valorar cómo éstas se adecúan a su perfil como profesional de la ingeniería industrial.

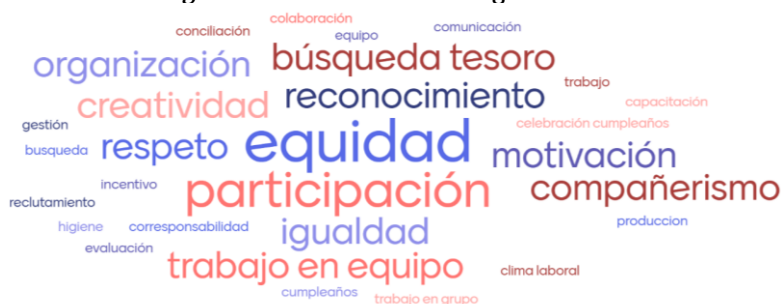
- Capacitación: apoyados por un invitado experto, las y los estudiantes elaboraron su curriculum vitae el cual más adelante utilizarían en la búsqueda de su primera práctica de estudios, instancia de acercamiento al mundo laboral en la cual deben cumplir 176 horas de trabajo en una organización y que deben realizar entre el 6° y 8° nivel de su plan de estudios.

- Trabajo en equipo: el estudiantado vivió dos dinámicas para promover el trabajo al interior de sus equipos, una de ellas era una actividad de resolución creativa de problemas y la segunda era una dinámica de búsqueda de objetos en el campus la cual promovía el trabajo colaborativo. Al final de la sesión se premió a los tres equipos que fueron más eficientes en el logro de ambas actividades.

- Evaluación del desempeño: al final del curso cada estudiante evaluó a las y los integrantes del equipo respecto de su compromiso con el logro de objetivos comunes, y autoevaluó su propio desempeño.

En cuanto a la percepción del estudiantado respecto a dichas prácticas, las respuestas a la pregunta ¿Qué acciones identificas en el curso relacionadas a buenas prácticas de gestión del talento humano? muestran que, se identificó la incorporación de buenas prácticas laborales destacando la capacitación, la evaluación del desempeño y la gestión del talento. También se promovieron principios de igualdad de género, inclusión y no discriminación, junto con la educación sobre brechas y desigualdades, considerando normas como la NCh3262. En cuanto al clima laboral, valoraron la comunicación efectiva, el respeto, la colaboración y el trabajo en equipo, además de iniciativas de bienestar y mejoras en las condiciones materiales de estudio. Finalmente, resaltaron acciones de reconocimiento y motivación, como la celebración de cumpleaños, incentivos por participación y la disposición de la docente para atender preguntas, configurando un enfoque integral de buenas prácticas en la formación. La Figura 1 muestra la Nube de Palabras que destaca aquellas actividades que fueron más significativas para el estudiantado.

Figura 1. Actividades más significativas

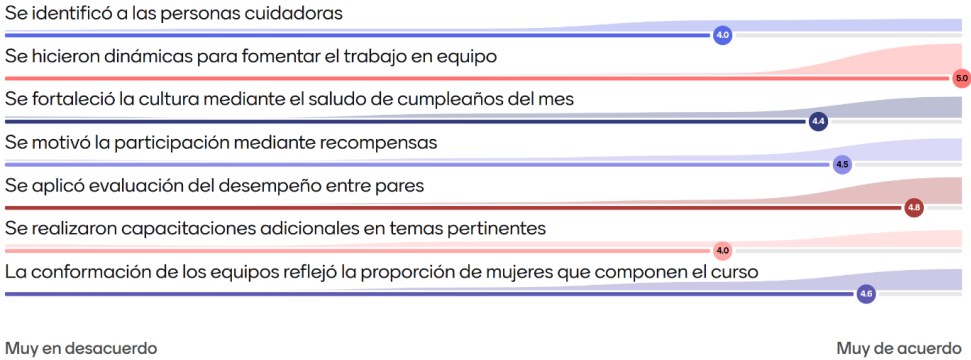


Fuente: Elaboración propia utilizando Mentimeter

La Figura 2 denota que las y los estudiantes efectivamente experimentaron las actividades durante el curso (con un promedio mayor o igual a 4, en escala de 1 a 5), siendo las que tienen un mayor nivel de acuerdo:

- las dinámicas para el trabajo en equipo, donde todas las personas que respondieron indicaron estar “muy de acuerdo”;
- la evaluación de desempeño entre pares, con un promedio de 4.8; y
- la conformación de equipos paritarios con un promedio de 4.6.

Figura 2. Grado de acuerdo en relación a realización de cada actividad



Fuente: Elaboración propia utilizando Mentimeter

Al preguntar ¿por qué crees que cada vez más organizaciones incorporan la perspectiva de género en la Gestión del Talento Humano?, las y los estudiantes señalan múltiples razones: cumplir con la normativa vigente y responder a las brechas sociales; promover la equidad, la inclusión y la diversidad; generar un clima laboral seguro, saludable y de buen trato; mejorar la motivación, el bienestar y el desempeño de los trabajadores y trabajadoras; y fortalecer tanto el rendimiento organizacional como la imagen pública de la institución.

Dado que uno de los focos de la innovación realizada buscaba incrementar la motivación del estudiantado, la Tabla 1 muestra los resultados de la evaluación docente aplicada a nivel institucional, considerando las dimensiones Motivación y participación estudiantil, Relación interpersonal y Formación integral, donde se observa la buena evaluación recibida por la docente en todos los criterios, destacando el fomento de actitudes de tolerancia y de aspectos éticos, la generación de espacios de reflexión y la relación de los contenidos con la realidad social, lo que denota que hay una intención desde la docente de actuar como agente de cambio en el proceso de formación estudiantil.

Tabla 1. Resultados de evaluación de la docencia

Dimensión	Criterio	Promedio
Motivación y participación estudiantil	En esta asignatura se estimula a la interacción y participación del estudiantado en clase	4,54
	La docente genera espacios de reflexión planteando problemas apropiados y desafiantes	4,62
	La docente ha mostrado entusiasmo impartiendo este curso	4,58
Relación interpersonal	La docente se muestra accesible con los y las estudiantes	4,54
	La docente ha mostrado interés por los y las estudiantes	4,43
Formación integral	La docente fomenta actitudes de tolerancia, compromiso social y respeto a la diversidad	4,64
	La docente promueve en los estudiantes el trabajo colaborativo	4,58
	La docente da cuenta de los aspectos éticos involucrados en el conocimiento que imparte	4,64
	La docente relaciona los contenidos de esta asignatura o módulo con la realidad social	4,62

Fuente: Universidad de La Frontera (2025b)

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la hipótesis planteada: la integración de buenas prácticas laborales en la planificación e implementación de una asignatura de ingeniería contribuye a mejorar el clima de aula y promover una mayor conciencia sobre el rol profesional en la creación de entornos laborales saludables; se cumple en esta experiencia aplicada a un caso particular.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

La experiencia de integración de buenas prácticas laborales en la formación de ingenieros e ingenieras industriales evidencia que el aula universitaria puede convertirse en un espacio significativo para anticipar y modelar los desafíos de los entornos laborales contemporáneos. Los resultados muestran que, la aplicación de acciones concretas como la conformación de equipos paritarios, la evaluación del desempeño entre pares, las dinámicas de trabajo en equipo, y la celebración de cumpleaños, generó un clima de aula más inclusivo, participativo y motivador. Estos hallazgos son acordes a estudios previos que relevan la importancia de proveer experiencias educativas significativas donde el estudiantado se reconozca como protagonista de su aprendizaje y como futuro agente de cambio en la construcción de ambientes laborales seguros y respetuosos (Leyva y Estévez, 2024; Mayor, 2015; León et al., 2021; Reverter, 2022).

La percepción positiva del estudiantado respecto de las prácticas implementadas confirma que acciones pedagógicas sencillas pero intencionadas, pueden generar aprendizajes con un fuerte componente ético y social. El énfasis en la equidad de género y la no discriminación no solo responde a marcos normativos nacionales, sino que se alinea a la Agenda 2023, en particular al ODS 8. Así el curso logró articular teoría y práctica en torno a la gestión del talento humano, fortaleciendo la conciencia

profesional sobre el rol profesional que tendrán a futuro en temas de promoción de la igualdad y el trabajo decente.

Por último, cabe destacar que la alta valoración hacia la relación interpersonal con la docente, la motivación generada y la participación del grupo, confirma la idea de que el rol docente resulta clave para la creación de un clima de aula positivo, donde la comunicación efectiva, la empatía y la flexibilidad favorecen el aprendizaje integral (Lara et al., 2021; Leyva y Estévez, 2024; Mayor, 2015).

A futuro se recomienda extender esta experiencia a otras asignaturas del área de gestión y considerar su incorporación en los planes de mejora curricular, como parte del compromiso universitario con la formación integral y la promoción del trabajo decente.

REFERENCIAS

Guerrero, E., Hurtado, V., Azua, X., y Provoste, P. (2011). *Material de apoyo con perspectiva de género para formadores y formadoras*. <https://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/14919>

Lara, L., Rodríguez, G., Parada, A., Pinzón, O., y Valderrama, J. (2021). *Clima de aula, estilo docente y educación para la convivencia y la ciudadanía*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

León, X.P., Mendoza, M.M., y Gilar, R. (2021). Clima de aula y rendimiento académico: Apuntes en torno al contexto universitario. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(5). <https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.10>

Leyva, A., y Estevez, A. (2024). Procedimiento para la gestión del talento de estudiantes universitarios. *Opuntia Brava*, 16(3), 245–259.

Mayor, L.I. (2015). Gestión del talento en los estudiantes universitarios a través del trabajo colaborativo. *Opción*, 31(5), 1060–1074.

Morales-Casetti, M., y Bustos-Gutiérrez, M. (2024). Perspectiva de género en un curso de gestión organizacional: Hacia una docencia no sexista en ingeniería industrial. En M. Molero, P. Molina, A. Barragán, M. Pérez, y E. Martínez (Comps.), *Innovación docente e investigación en ciencias sociales, económicas y jurídicas: Desafíos de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior* (pp. 27–40). Dykinson.

Moral-Pajares, E., Pedrosa, C., Gallego, L., Martínez, C., y Barreda-Tarrazona, R. (2022). Motivación en estudiantes universitarios: Metas vitales y actitudes de aprendizaje. *Revista Internacional de Humanidades*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.37467/revhuman.v11.4060>

OIT. (2005). *Buenas prácticas de relaciones laborales en las Américas*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

OIT. (2022). *Violencia y acoso en el trabajo: Guía práctica para las empresas*. Oficina Internacional del Trabajo.

OIT. (2025). *Un entorno de trabajo seguro y saludable como principio y derecho fundamental en el trabajo*. <https://www.ilo.org/es/temas-y-sectores/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/un-entorno-de-trabajo-seguro-y-saludable-como-principio-y-derecho>

Reverter, S. (2022). *Experiencias docentes de la introducción de la perspectiva de género*. Universitat Jaume I. <http://dx.doi.org/10.6035/InnovacioEducativa.27>

Robbins, S., y Judge, T. (2009). *Comportamiento organizacional*. Pearson.

Rodríguez, M.J., y Gil-González, D. (2024). Innovación de género en la docencia universitaria. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 18(Extraordinario), 167–182. <https://doi.org/10.4067/S0718-73782024000300167>

Saborío-Taylor, S., y Arguedas-Viquez, R. (2023). Prácticas para la equidad de género en la docencia universitaria dentro del contexto de la Universidad Nacional. *Actualidades Investigativas en Educación*, 23(3), 1–19. <https://doi.org/10.15517/aie.v23i3.54663>

Universidad de La Frontera. (2021). *Resolución Exenta 2004 del 15 de octubre de 2021 que aprueba rediseño curricular al plan de estudios y reglamento de la carrera de Ingeniería Civil Industrial*.

Universidad de La Frontera. (2023). *Modelo Educativo UFRO*. <https://modeloeducativo.ufro.cl/wp-content/uploads/2023/09/Documento-Oficial-Modelo-Educativo-digital-12-09-23.pdf>

Universidad de La Frontera. (2025a). *Programa de asignatura IIS263 – Organizaciones y gestión del talento humano* (No publicado).

Universidad de La Frontera. (2025b). *Resultados Evaluación Docente Primer Semestre 2025 IIS263 – Organizaciones y gestión del talento humano* (No publicado).

CAPÍTULO 14

FORMAR INGENIEROS PARA LA INCLUSIÓN: EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN DISEÑO DE OBJETOS PARA MUSEOS ACCESIBLES

MARINA CASTILLA ORTEGA
Universidad de Málaga

INTRODUCCIÓN

Precedentes: discapacidad y museología, un problema de actualidad. El Diseño para todos como solución

Según encuestas recientes, 357.894 personas de la población española de ambos sexos, sólo registradas en centros, sufren una discapacidad (INE). Con ello, se confirma que la discapacidad sigue siendo un problema relevante de la sociedad contemporánea, definida por la diversidad, física y cognitiva. En consecuencia, es mayor la concienciación de la necesidad de entornos accesibles en todos los ámbitos de la vida cotidiana. Por ello, subyace una mayor exigencia en los servicios diarios, entre los que destaca el acceso a la cultura, concerniente a instituciones como los museos, reflejo de las tendencias de cada época (Asensio et al., 2016). La accesibilidad constituye un derecho obligatorio de todos los seres humanos, definida como la participación plena en igualdad de condiciones de las mismas actividades (ONU).

Pero esta premisa no debe quedar únicamente en la teoría, sino ejecutarse en la práctica y desde la inclusividad. Esta responsabilidad social recae con fuerza en todas las prácticas proyectuales, como la arquitectura, el urbanismo, la moda o la creación de objetos de uso diario. Todas ellas poseen la facultad de romper con estereotipos y barreras sociales a través del diseño (Acosta y Carrillo, 2019; Sáez, 2023).

Precisamente, el presente proyecto pondrá el foco de atención en los objetos cotidianos, nacidos de la disciplina de la Ingeniería en Diseño Industrial y, más concretamente, de la rama de diseño de producto. Precisamente, la misión del objeto de diseño industrial reside en favorecer el desarrollo de las actividades diarias de los seres humanos, sofocando sus necesidades y problemas, desde los más simples a los más complejos, y en relación a un determinado usuario objetivo o target. Pero, aparte de su dimensión funcional, cuenta con un distintivo artístico que, junto con su estrecha convivencia con los seres humanos, lo diferencia de un objeto simplemente industrial. Además, la propia configuración estética le dota de una comunicación visual que puede determinar no sólo el manejo intuitivo del objeto, sino también la transmisión de valores o mensajes subliminales. Su impacto estriba en su alcance

democrático, arraigándose en nuestro ideario colectivo y, por ende, en la cultura visual popular (Acosta y Carrillo, 2019; Munari, 1990; Rodríguez, 2001; Sáez, 2023).

No obstante, su masificación o tendencia hacia la gran serie, dedicada a un amplio espectro de la población, incentiva que los objetos cotidianos se adhieran a estereotipos, lo cual resulta excluyente a colectivos no normativos, en riesgo de exclusión social. De esta manera, en la lucha por una mayor accesibilidad en todos los ámbitos de la vida, en las últimas décadas se inculca la inclusividad en todas las prácticas proyectuales, bajo la metodología del Design for all o Diseño para todos (Asensio et al., 2016; Toboso-Martín et al., 2012). Este enfoque proyectual en boga abraza la diversidad en toda su expresión, social, física, cognitiva, de edad y cultural, con un enfoque inclusivo desde los esbozos iniciales de un proyecto participativo y socialmente responsable. Es tal su acogida desde las décadas finales del siglo XX, que el Consejo de Europa inculca sus valores en la formación de técnicos (Rodríguez-Porrero, 2002). En la bibliografía científica, será más que frecuente el uso indistinto de los términos “Diseño para todos” y “Diseño universal” (Universal design). Este último concepto fue acuñado en 1985 por el arquitecto Roland Mace, defensor de las personas con discapacidad, cuya labor se centró en la accesibilidad. Vislumbró que el mejor diseño sería aquel que resultara funcional para todas las personas en la medida de lo posible, pero, especialmente, para aquellas con discapacidad, “sin necesidad de adaptación o diseño especializado” (Espinosa y Bonmatí, 2015; Tauke, 2019, 37). En definitiva, el Diseño para todos apuesta por la versatilidad o flexibilidad de los diseños, amplios para una gran amalgama de capacidades y necesidades (García, 2006; Lahoz, 2014; INADI 2016). En este sentido, la inclusividad que promulga no debe ser confundida con el concepto de “integración”, entendido como la aplicación de “ajustes razonables” o “adaptaciones” a diseños precedentes (Asensio et al., 2016, p. 43). En definitiva, debe de priorizarse la inclusión sobre la integración, pues supondría la alteración evidente de un objeto preexistente, poniendo en relieve la situación o problemática del individuo. En consecuencia, se sentirá señalado y excluido de la normatividad (García, 2006; INADI, 2016).

Descripción y objetivos del proyecto

Ante tales precedentes, relativos a una exigencia acuciante de más medidas de accesibilidad de carácter inclusivo en museos, nace el presente proyecto. Surge en el marco de la asignatura adscrita al Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Málaga, “Teoría y Estética del Diseño Industrial”, durante los cursos académicos 2023/2024 y 2024/2025. Es impartida en el mismo aula para los siguientes grados de la Escuela de Ingenierías Industriales de dicha institución: el Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y desarrollo del producto (2º curso) y el doble Grado en Ingeniería industrial y desarrollo del producto e Ingeniería Mecánica

(4º curso). El proyecto, a realizar de manera individual o en parejas, se describe en la Guía Docente como una actividad de aprendizaje correspondiente al 25% de la evaluación final: “realización de un Proyecto de Ingeniería en Diseño Industrial (PIDI a partir de ahora) para un ámbito museístico, que pueda ser empleado de manera auxiliar en un recorrido expositivo a realizar en una exposición temporal o sala de un museo de Málaga”, siendo un dispositivo material, de carácter portátil o fijo en la sala, y nunca un “diseño de intangibles” o de lo “inmaterial” (Rodríguez, 2001, pp. 36 y 37) (por ejemplo, no se aceptaría la creación de un programa o interfaz, independientemente de que el objeto lleve implícito un determinado software para su funcionamiento).

El PIDI estará dedicado a targets en riesgo de exclusión social, especialmente con discapacidad, física o cognitiva, o dentro del amplio abanico de la neurodiversidad (ejs., TDAH, TEA o autismo no funcional y asperger o autismo con altas capacidades). Este objeto favorecerá no únicamente la accesibilidad física a la muestra y sus fondos con las menores barreras posibles, sino también a la información, incentivando el aprendizaje de tipo cultural. En consecuencia, se aspira a la autonomía, seguridad y feedback positivo en el visitante, incentivando su deseo de volver al museo como un lugar no “ajeno” a sí mismo.

Basándose en regulaciones como el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (BOE), todo proyecto de ingeniería debe de constar de una memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto. Sin embargo, este trabajo simplifica su estructura en dos de sus fases, la memoria y los planos, recayendo la importancia y prácticamente la totalidad de la actividad en la primera. Esta memoria se divide en “requisitos” (el/la alumno/a asume ficticiamente el rol de la institución museística que expone un pliego de condiciones: alcance humano, funcionalidad, alcance temporal y limitaciones presupuestarias) y “soluciones”, propuestas por este/a en su papel de diseñador/a que presenta a concurso una propuesta.

Las “soluciones” parten de los cimientos de todo ejercicio proyectual: un estudio del target y de mercado. Le sigue el análisis de la entidad museística seleccionada; el ciclo de vida propuesto del producto, ateniéndose a los requisitos del museo y a su inherente obsolescencia material y tecnológica; los recursos estéticos a explotar en el PIDI, sustentados en el vocabulario formal trabajado en las sesiones prácticas de grupos reducidos de la asignatura (ejs., color, forma, volumen y textura), con el consiguiente impacto estético, funcional y representativo de la imagen corporativa del museo. A ello le siguen especificaciones técnicas y materiales y el presupuesto unitario (la inversión debe de ser coherente con el beneficio a obtener). Por último, el/la alumno/a adjuntará los planos del objeto, con mayor número de detalles y

especificaciones posibles, y mapas o renderizaciones del mismo en la sala o recorrido expositivo.

Entre los objetivos principales del proyecto, en primer lugar, se pretende concienciar al alumnado del alto potencial de su disciplina, de la actuación de los objetos de uso cotidiano (y por ello no menos importantes por su familiaridad y proliferación) como motor del cambio social. Como queda descrito, sería posible en cuanto a su uso inclusivo, pero también en cuanto a su semántica, capaz de inculcar mensajes subliminales liberadores en el usuario, a través de su percepción estética como durante su funcionamiento (Martínez y Vélez, 2009; Rodríguez, 2001, Sáez, 2023).

Como segunda finalidad, arraigar en el estudiantado la metodología del Diseño para todos, desde los albores de sus ideaciones o primera fase de planificación estratégica del proyecto. Es así que, desde los esbozos más primigenios de sus creaciones, deberán de concienciarse de la heterogeneidad social, con o sin discapacidad, contemplando naturalmente las necesidades del mayor número de colectivos, sin exclusión.

En tercera instancia, procurar que el alumnado haga un despliegue de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas y prácticas de la asignatura, independientemente de que tenga que acceder a información externa a las mismas mediante consultas bibliográficas. Se les incita a tomar como referentes otras tendencias contemporáneas del Diseño Industrial explicadas en las sesiones de teoría de grupo grande, como el neoartesanado o neocraft y el ecodiseño, junto con las nociones de las buenas prácticas del diseño, esto es, aquel que ejerce una función social, siendo resolutivo en las necesidades del día a día de los seres humanos, pero sin descuidar el estímulo estético (Rodríguez, 2001). Por otro lado, deberán aplicar en el apartado del PIDI concerniente a los recursos estéticos, el aprendizaje asimilado en las citadas sesiones de grupos reducidos de prácticas, dedicadas al análisis crítico-estético de un objeto de diseño industrial.

En cuarto lugar, ejercitarle en la investigación científica con la aplicación de sistemas estandarizados de citación, como las normas APA 7, bases de datos bibliográficas de calidad y recursos propios en la investigación de su área, comentados a continuación en el apartado metodológico.

Por último, el quinto objetivo reside en aproximarles a la experiencia profesional futura, con el conocimiento de las fases esenciales de todo proyecto de Ingenierías. Pero, además, desde el punto de vista de la versatilidad multidisciplinar, se les amplía el interés, punto de mira y marco de estudio a otras áreas aparentemente ajenas a las Ingenierías, como la museología, la difusión cultural o la terapia ocupacional.

MÉTODO

La metodología se cimenta en el aprendizaje basado en proyectos. Se dedican un total aproximado de cinco clases a la instrucción de la realización del PIDI, resumidas en dos actividades de aprendizaje: clases formativas y conferencias-seminarios al alumnado. Por un lado, se establecen tres clases de apoyo en las que se aportan un plan estratégico y recursos conducentes al desarrollo de un trabajo académico-científico y multidisciplinar. Por otro, se cuenta con los testimonios de dos profesionales vinculadas al ámbito de la mediación cultural y la terapia ocupacional, a través de la impartición de charlas temáticas en el aula durante dos días de clase. A continuación, se exponen los contenidos, recursos y materiales que guiarán estas sesiones programadas:

Clases de apoyo de temática multidisciplinar

En primera instancia, las clases formativas implementan una serie de explicaciones y nociones sobre medios, bases de datos y herramientas que giran en torno a la formación interdisciplinar que implica la realización de un PIDI, a través las siguientes categorías temáticas:

Inicialmente, se introduce al estudiantado al ámbito de los museos a través del concepto del plan museológico, es decir, qué es y cuáles son, en definitiva, los elementos clave en una exposición, especialmente a nivel expositivo, de conservación de las obras de arte y de difusión cultural. Se toman como referentes el Manual básico de montaje museográfico (Dever et al., 2020) y varios planes museológicos (Sánchez, 2016 y Rocamora, 2013), mismamente, de consulta permanente por el alumnado en el Campus Virtual de la asignatura.

Acto seguido, se aborda el concepto de accesibilidad: su definición y a qué responden, concretamente, las tendencias proyectuales actuales hacia la inclusividad del Diseño para todos y/o Diseño Universal, impulsadas por organismos como la Unión Europea o el Consejo de Europa (Rodríguez-Porrero, 2002). Así mismo, resulta necesario realizar una delimitación terminológica entre “inclusión” e “integración”, fácilmente confundibles. Estas explicaciones se respaldan en bibliografía, como la guía de accesibilidad del INADI (2016) y las publicaciones de la revista especialmente solidarizada con la accesibilidad del patrimonio cultural y los museos, *Heritage & Museography* (Her&Mus). A ello se añaden casos prácticos de accesibilidad, como los del Museo Thyssen-Bornemisza, a través de la consulta de su área educativa EducaThyssen, y el Museo Tifológico de la ONCE de Madrid. Como buen modelo de museo inclusivo, aunque parte de las necesidades de un target específico con discapacidad visual, está abierto a todos los públicos como “museo para ver y tocar”.

Por otro lado, las clases de apoyo también se centran en el abordaje del estudio del usuario objetivo o target con discapacidad, física o cognitiva, o ajeno a la

neuronormatividad, es decir, de su problemática intrínseca, pero especialmente en entornos museísticos. Se aportan pautas para la documentación científica de estas cuestiones con la sugerencia de diversos repositorios o bases de datos de calidad, como JSTOR, Dialnet o Google Académico, entre otras, junto con webs de instituciones oficiales unidas a un determinado colectivo de discapacitados, nacionales como provinciales de Málaga. Pero, más allá de aquellas asociaciones centradas en la ceguera, la sordera y la discapacidad motriz, se difunden otras organizaciones destinadas al apoyo de sordomudos, acondroplásicos, la neurodiversidad, el daño cerebral adquirido y el síndrome de Down, entre otras, contemplando el amplio espectro de la diversidad funcional (tabla 1).

Otro punto importante a considerar, junto con el factor sujeto, es el estudio de mercado. Esta revisión de objetos actúa como fuente de inspiración o punto de partida del proyecto, esto es, qué aspectos son mejorables de las principales marcas del mercado actual, según la tipología objetual por la que se decante el/la alumno/a. En este caso, se trabajará sobre bases de datos de patentes y marcas, de índole internacional, europeo y nacional. Algunas de ellas son Google Patents; el Registro de Patentes Europeo; INVENES, desarrollada por la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEMP) o la web institucional de WIPO (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual), vinculada al buscador Patentscope de marcas registradas internacionales, entre otros recursos. Se añade la recomendación de la consulta de revistas de diseños vanguardistas, como Yankodesign. Todo ello, sin olvidar la implicación de estándares de calidad, ISO/UNE.

Por último, como vía de investigación, se introduce al estudiantado en el ámbito de la profesión sanitaria de la terapia ocupacional, con la que establece cierta sinonimia al respecto. Esta disciplina, al igual que el Diseño de producto, tiene implícita una gran labor social, con un enfoque centrado en el factor sujeto con discapacidad, permanente o temporal, y la consiguiente adaptación de entornos y utensilios de uso diario (Kronenberg et al., 2006; Polonio et al. 2003; Talavera-Valverde et al., 2022).

Tabla 1. Páginas web de estudio. Instituciones de apoyo a la discapacidad y la neurodiversidad

URL	Fecha de consulta
1.ADACEMA. https://www.adacema.org/	18 de septiembre de 2025
2.Asociación ADEE, Acondroplasia y otras displasias. https://adee.es/	18 de septiembre de 2025
3.Asociación Altas Capacidades Málaga ASA Málaga. https://asamalaga.es/	18 de septiembre de 2025
4.Asociación Federada de Sordos de Málaga, SFS. https://sfsm.es/	18 de septiembre de 2025

Tabla 1. Páginas web de estudio. Instituciones de apoyo a la discapacidad y la neurodiversidad (continuación)

URL	Fecha de consulta
5.Asociación TDAH Málaga. https://www.tdahmalaga.org/	18 de septiembre de 2025.
6.Aspaym Málaga. https://www.aspaymmalaga.com/	18 de septiembre de 2025
7.Autismo Málaga. https://www.autismomalaga.org/web/	18 de septiembre de 2025
8.Confederación Española de Personas con Discapacidad Física y Orgánica COCEMFE. https://www.cocemfe.es/	18 de septiembre de 2025
9.Confederación Estatal de Personas Sordas, CNSE. https://www.cnse.es/	18 de septiembre de 2025
10.Down Málaga. https://downmalaga.com/	18 de septiembre de 2025
11.ONCE. https://www.once.es/	18 de septiembre de 2025

Fuente: Elaboración propia

Conferencias de profesionales

En segundo lugar, para completar las actividades formativas programadas para la preparación del PIDI, se contó con los testimonios de dos profesionales vinculadas al ámbito museístico y a la terapia ocupacional, a través de dos conferencias-seminarios en el aula.

La primera, se impartió por Sofía Redondo García, Mediadora Cultural del Museo Ruso de San Petersburgo de Málaga y miembro de la Factoría de Arte y Desarrollo, vinculada gestión y difusión de proyectos culturales. Bajo el título "Arte para tod@s: la accesibilidad en los museos", estableció una relación de los principales elementos museológicos y medios de accesibilidad en una exposición, ilustrados por varios espacios expositivos de Málaga, con el fin de fomentar la reflexión crítica y participación activa por parte del alumnado. Redondo, desde su óptica profesional, les inculca una serie ejes fundamentales, soluciones y medios relativos a la accesibilidad en los museos, para personas con discapacidad visual, auditiva, motriz y cognitiva. Así mismo, aporta como bibliografía de soporte, *Accesibilidad en Museos Manual de Buenas Prácticas para Profesionales e Instituciones*, de la Asociación de Museólogos y Museógrafos de Andalucía, AMMA (2021). Por último, informa del proyecto, impartido por ella, de Arteterapia destinado a la salud mental, "Picasso. Ventana abierta", programa de Diversidad e Integración del Área de Mediación del Museo Casa Natal Picasso (2021-2022).

La segunda conferencia fue expuesta por la profesional Ana Ruiz Navarro, terapeuta ocupacional de la citada Asociación de Daño Cerebral Adquirido de Málaga (ADACEMA), titulada: "Mejorando la calidad de vida. Productos de apoyo para un consumo de arte autónomo y satisfactorio". Ruiz conciencia sobre la problemática del

daño cerebral adquirido (DCA), de gran impacto pero con poca visibilidad social. Analiza las distintas causas y tipos de dolencias físicas y cognitivas que supone el DCA, junto con el grave riesgo del aislamiento social del individuo que lo padezca. Tras ello, despliega en el aula toda una serie de herramientas de creación propia, por parte de los profesionales de la institución, para el desarrollo de talleres artísticos de los pacientes, así como para la efectividad de sus actividades cotidianas. El alumnado no sólo puede ver, sino tocar y analizar en primera persona todos estos objetos adaptados a la vida diaria de este colectivo, sirviéndoles la experiencia, mismamente, de inspiración para sus proyectos (Universidad de Málaga, 2025).

RESULTADOS

La evaluación de la presente actividad se centra en la adecuación a la estructura, normas de estilo y procedimiento de investigación de raigambre científica por parte del alumnado. Así mismo, se aprecia su adhesión a la metodología de trabajo inculcada en las clases de apoyo, aparte de la aplicación de terminología y conceptos adscritos a las sesiones teóricas y prácticas de la asignatura. Por último, se valora la creatividad, pero también la factibilidad de los proyectos en la práctica.

Como resultados, se crean por parte del alumnado PIDIs especialmente concienciados con la problemática individual del target seleccionado, estimando discapacidades y condiciones limitantes más allá de la ceguera, la sordera o la falta de movilidad, como la acondroplasia, el daltonismo, el TEA no funcional o el TDAH. En el 100% de los casos, se realizan rediseños o mejoras integrales de objetos preexistentes, resultando en la mayoría de los casos la suma de varias funciones de objetos distintos en uno. A grandes rasgos, se destacan entre los proyectos más recurrentes audioguías con braille y signoguías incorporados; maquetas táctiles y cartelas multifuncionales; pedestales modulables a alturas no normativas; sillas de ruedas y bastones para ciegos inteligentes, adaptados a recorridos automáticos seguros dentro de la sala expositiva. A ello se suman robots asistenciales y dispositivos con apariencia de juguetes para menores, entre otros. Todo ello, fue implementado de manera figurada por el alumnado en distintos museos malagueños (tabla 2).

Así mismo, es especialmente reconocida la adaptación de las propuestas a la metodología del Diseño Universal o para todos. En relación a ello, la gran mayoría de las creaciones fueron aptas para un público diverso, al menos para un amplio espectro de visitantes. Incluso, muchos PIDIs llegan a solventar las necesidades de varias discapacidades en un único dispositivo.

Tabla 2. Museos malagueños más recurrentes entre el alumnado

URL	Fecha de consulta
Centro de Ciencia Principia. https://www.principia-malaga.com/	21 de septiembre de 2025
Centro Pompidou Málaga. https://centrepompidou-malaga.eu/	21 de septiembre de 2025
Museo Aeronáutico de Málaga (AEROMUSEO). https://aeromuseo.org/	21 de septiembre de 2025
Museo Carmen Thyssen Málaga. https://www.carmenthyssenmalaga.org/	21 de septiembre de 2025
Museo del automóvil y la moda de Málaga. https://museoautomovilmoda.com/	21 de septiembre de 2025
Museo del vidrio y del cristal Málaga. https://www.museovidrioycristalmalaga.com/	21 de septiembre de 2025
Museo Interactivo de la Música de Málaga (MIMMA). https://www.musicaenaccion.com/	21 de septiembre de 2025
Museo Picasso Málaga (MPM). https://www.museopicassomalaga.org/	21 de septiembre de 2025

Fuente: Elaboración propia

Como ejemplo y culmen material de estos proyectos, más allá de su evaluación dentro de la asignatura de Teoría y Diseño del Diseño Industrial, dos alumnos de la Escuela de Ingenierías Industriales, Pablo García Luque y Alessandro de Tullio, difunden su propuesta PIDI en la V Edición del Concurso Interuniversitario de Diseño Industrial Andaluz del año 2024, alcanzando el primer premio. Consiste en un instrumento musical modular, BitBlock, destinado al citado Museo Interactivo de la Música de Málaga (MIMMA). Para experimentar con todo tipo de melodías, BitBlock está diseñado para todos/as los/as niños/as, permitiendo la participación activa de menores con ceguera, TEA o TDAH, y favoreciendo su correcto desarrollo a través de estímulos visuales, táctiles y sonoros.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

La actividad del PIDI para museos se plantea como un proyecto formativo multidisciplinar, concebido como un simulacro de la vida laboral futura de todo/a diseñador/a industrial y una introducción a las últimas tendencias en accesibilidad.

Se conciencia al estudiantado del alto potencial de su profesión, pues da soluciones a problemas de actualidad a través del diseño de objetos de nueva creación o de rediseños, esto es, mejoras integrales de otros preexistentes. Así mismo, se arraiga en él el axioma del objeto industrial de diseño como herramienta de liberación e inclusión social. En relación a ello, se inculca la tendencia del Diseño Universal o Diseño para todos en el protocolo de las buenas prácticas proyectuales. Puesto que la sociedad contemporánea se rige por la diversidad, en cuyo amplio espectro se encuentran las personas con discapacidad y neurodivergencias, se debe de apoyar a

todos los colectivos por igual desde los primeros esbozos de un proyecto. Se evitará, así, su exclusión, con los consiguientes daños psicológicos colaterales. En este sentido, también se inculca en el alumnado la idea de que la discapacidad es un estado por el que todo ser humano puede verse afectado, temporal o permanentemente, y que, por ello, los objetos de uso diario deberán solidarizarse con la causa. Estos colaboran a la normalización de su dolencia e, incluso, a su rehabilitación.

Por último, se plantea la ampliación de esta actividad a una futura línea de trabajo centrada en PIDIs inclusivos de género, encauzados en la visibilidad de todos los colectivos socio-sexuales de la disidencia y en la ruptura de prejuicios sexistas contra la mujer, inherentes a la sociedad patriarcal.

REFERENCIAS

Acosta, M.J., y Carrillo, M.D.C. (2019). *Diseño como herramienta de deconstrucción y construcción de género* [Trabajo de investigación, Universidad El Bosque]. Repositorio Institucional Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/3ac7d36a-dd58-453e-b95a-025a7c195997>

Asensio, M., Santacana, J., y Fontal, O. (2016). Inclusión en patrimonio y museos: Más allá de la dignidad y la accesibilidad. *HER&MUS*, 17, 39–55. <https://raco.cat/index.php/Hermus/issue/view/25138>

BOE. (2025, 23 de septiembre). *Ley de Contratos del Sector Público, 3/2011, de 14 de noviembre*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-17887>

Dever, P., y Carrizosa, A. (2020). *Manual básico de montaje museográfico*. Ministerio de Cultura; Museo Nacional de Colombia. <https://www.ibermuseos.org/recursos/documentos/manual-basico-de-montaje-museografico/>

EducaThyssen. (2025, 25 de septiembre). <https://www.educathyssen.org/>

Espinosa, A., y Bonmatí, C. (2015). Accesibilidad, inclusión y diseño para todas las personas en museos y patrimonio. *HERyMUS*, 16, 11–20. <https://raco.cat/index.php/Hermus/issue/view/23920>

Factoría de Arte y Desarrollo. (2025, 24 de septiembre). <https://factoriarte.org/>

García, M. (Coord.). (2006). *Libro blanco del diseño para todos en la universidad*. Fundación ONCE; IMSERSO. <https://sid-inico.usal.es/documentacion/libro-blanco-del-diseno-para-todos-en-la-universidad/>

Google Patents. (2025, 25 de septiembre). <https://patents.google.com>

Heritage y Museum (HER&MUS). (2025, 22 de septiembre). <https://www.raco.cat/index.php/Hermus>

Instituto Nacional contra la Discriminación, la Xenofobia y el Racismo. (2016). *Accesibilidad e inclusión de personas con discapacidad: Guía temática*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/accesibilidad_e_inclusion_de_personas_con_discapacidad.pdf

Instituto Nacional de Estadística. (2024). *Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia* (EDAD)

centros). https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176782

INVENES, OEMP. (2025, 25 de septiembre). <https://consultas2.oepm.es/LocalizadorWeb>

Kronenberg, F., Simó, S., y Pollard, N. (2006). *Terapia ocupacional sin fronteras: Aprendiendo del espíritu de supervivientes*. Editorial Médica Panamericana.

Martínez, M.C., y Vélez, M. (2009). Actitud en niños y adultos sobre los estereotipos de género en juguetes infantiles. *Ciencia Ergo Sum*, 16(2), 137–144. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/issue/view/443>

Munari, B. (1990). *Diseño y comunicación visual*. Gustavo Gili.

Museo Casa Natal Picasso. (2025, 21 de septiembre). *Picasso: Ventana abierta*. <https://museocasanatalpicasso.malaga.eu/actividades/detalle-de-actividad/Picasso.-Ventana-Abierta/>

Museo Ruso de San Petersburgo. (2025, 21 de septiembre). <https://www.coleccionmuseoruso.es/>

Museo Tifológico de la ONCE. (2025, 22 de septiembre). <https://museo.once.es/>

Normas ISO/UNE. AENOR. (2025, 2 de octubre). <https://www.uma.es/ficha.php?id=62381&noti=656>

ONU. (2025, 25 de septiembre). <https://www.ungeneva.org/es/about/accessibility>

Polonio, B., Durante, P., y Noya, B. (2003). *Conceptos fundamentales de terapia ocupacional*. Editorial Médica Panamericana.

Registro de Patentes Europeo. (2025, 25 de septiembre). https://europa.eu/youreurope/business/running-business/intellectual-property/patents/index_es.htm

Rocamora, A.L. (2013). *Proyecto básico y de ejecución museográfico de exposición temporal: Orihuela, arqueología y museo*. MARQ. https://www.marqalicante.com/contenido/genericas/PROYECTO_ORIHUELA%20ARQUEOLOGIA%20Y%20MUSEO.pdf

Rodríguez-Porrero, C. (2002). Características, orígenes y retos. Diseño para todos. *Minusval*, 133, 17–20. <https://imserso.es/documents/20123/1863919/min133dossier.pdf/780e2ded-6030-3d54-6ed9-8b47f14dd143>

Rodríguez, N. (2001). *Manual de teoría y estética del diseño industrial*. Universidad de Málaga.

Sáez, M.R. (2023). El papel del diseño y su comunicación en el camino hacia la igualdad. En M. Castanedo y A. Molini (Eds.), *Inconformistas. Diseño y género* (Vol. 3, pp. 25–40). Universitat Jaume I. <http://dx.doi.org/10.6035/AgoraFeminista.3>

Sánchez, A.B. (2016). *Proyecto de exposición temporal: Entre la arquitectura y la arqueología*. <https://www.researchgate.net/publication/311085975>

Talavera-Valverde, M.A., Souto-Gómez, A.I., y Moruno-Miralles, P. (2022). Planificación de la intervención y marco de trabajo de la terapia ocupacional. *Revista TOG*, 19(1), 73–79. <https://doi.org/10.1885-527X2022000100014> (si este DOI no es real, se elimina)

Tauke, B. (2019). The evolution of universal design. *IzR Informationen zur Raumentwicklung*, 46(5), 36–41. <https://biblioscout.net/article/99.140005/izr201905003601>

Toboso-Martín, M., y Rogero-García, J. (2022). “Diseño para todos” en la investigación social sobre discapacidad. *REIS*, 140, 163–172. <https://doi.org/10.5477/cis/reis.140.163>

Universidad de Málaga. (2025, 21 de septiembre). Nota de prensa. <https://www.uma.es/escuela-de-ingenierias-industriales/noticias/v-edicion-del-concurso-interuniversitario-de-diseno-industrial-andaluz/>

V Concurso Interuniversitario de Diseño Industrial Andaluz. (2025, 21 de septiembre). <https://disenoindustrialandaluz.org/>

WIPO. *Patentscope*. (2025, 26 de septiembre). <https://www.wipo.int/es/web/patentscope>

Yankodesign. (2025, 24 de septiembre). <https://www.yankodesign.com/>

CAPÍTULO 15

COLLABORATIVE & SOCIAL INNOVATION PRACTICES FOR COMPETENCE DEVELOPMENT AND COMMUNITY TRANSFORMATION: 2 CASE STUDIES FOR SERVICE-LEARNING IN ENGINEERING

ÒSCAR O. SANTOS-SOPENA
Universidad Politécnica de Madrid

INTRODUCTION

Service-Learning (SL) has emerged as a pedagogical strategy capable of bridging technical education in Engineering with processes of social transformation and territorial sustainability (Peña García, 2021; Montero & García-Gutiérrez, 2022). By combining academic learning with community service, students engage in real challenges where they apply their technical knowledge while developing transversal, civic, and mediation skills and competences (Eyler & Giles, 1999). In recent years, SL has increased relevance in Higher Education institutions, especially in STEAM fields, as it fosters a strong link between the classroom and the community while aligning with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) and 2030 Agenda.

This research study presents two case studies conducted in the Madrid region: a circular economy project in Coslada (SERVICIO ETSIDI-COSLADA) and the participation in the citizen laboratory in Lavapiés, downtown Madrid, INNOVA LAVAPIÉS. Both illustrate how SL strengthens engineering education while generating a positive and sustainable social innovation and impact. SL is increasingly recognized as an approach that blends rigorous academic learning with purposeful service to the community. Rather than treating community projects as extracurricular activities, SL integrates them into the core of the curriculum, demanding that students connect theories, methods, and disciplinary tools with concrete social needs, such as STEAM vocations (Land, 2013, pp. 547-552). In engineering education, this move is more than a pedagogy of motivation: it is a way to expose future professionals to the ethical, environmental, and social dimensions of technical decision-making. For instance, urban sustainability, demographic change, digital inclusion, and circular economy are no longer background topics, although front-stage limits that shape how engineers design, prototype, and evaluate solutions.

This paper focuses on experiences developed in the Madrid region in which engineering students took part in community-driven projects. In both contexts, the classroom opened to the city: students had to listen to non-academic actors, establish a common vocabulary, translate technical possibilities into tangible deliverables, and

be accountable for what they produced: “nuestro sistema educativo enseña a los estudiantes cómo ejecutar tareas dadas con fluidez, pero rara vez fomenta la curiosidad y la automotivación” (Land, 2013, p. 548).

The main contribution of this paper is dual. On the one hand, it proposes a structured, transferable method; diagnosis, co-creation, implementation, and return, that can be adopted in engineering courses without sacrificing disciplinary depth. On the other hand, it documents the learning gains and social outcomes observed in the two cases and concentrates criteria for institutionalization. Beyond short-term engagement, the argument developed here is that SL should be incorporated as a strategic element of engineering programs if we expect graduates to navigate uncertainty, collaborate across sectors, and align innovation with the public interest. This perspective is in line with international literature that connects SL with democratic citizenship, meaningful learning, and motivation (Eyler & Giles, 1999). Research on cognition and motivation suggests that authentic tasks, collaboration, and reflection foster deeper understanding and transfer of knowledge to new contexts (Santos-Sopena, 2024; Santos-Sopena & Rodríguez Cuadrado, 2023). When students design for real users, negotiate constraints with community partners, and present results in public forums, they receive feedback that is qualitatively different from conventional classroom assessment. In such settings, they must justify design choices to audiences that do not share the same disciplinary language, which prompts them to articulate assumptions, measure impact, and revise plans (Eyler & Giles, 1999; Peña García, 2021; Izquierdo-Montero & García-Gutiérrez, 2022). These demands create a distinctive discipline for engineering education: technical excellence with civic orientation, as we will see in this paper.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

The methodological framework is based on participatory action research and structured into four phases: participatory diagnosis, co-creation, implementation, and return. Students, supported by faculty, engaged in workshops with local organizations and community actors, using templates to outline the projects. These templates included learning objectives, alignment with SDGs, targeted competences, and evaluation tools (See Table I as an example of these types of templates). The methodology adopted in both projects followed a cyclical and participatory structure that allowed students to connect engineering design with social impact. Each phase built on the previous one, combining analytical, creative, and reflective components. Beginning with a Participatory Diagnosis, students observed and interviewed stakeholders to identify local needs. The Co-creation stage translated those insights into collaborative ideation workshops, producing low-fidelity prototypes evaluated for feasibility. During Implementation, the teams developed, tested, and documented

functional prototypes that were then delivered to the community. Finally, the Return and Evaluation phase ensured reciprocity through public presentations, feedback sessions, and reflective reports supported by measurable indicators. Together, these four phases form a replicable framework for integrating Service-Learning into engineering education, linking academic rigor with community relevance and sustained social transformation (Santos-Sopena, 2024).

The first phase is participatory diagnosis. The participants included students from engineering courses, faculty, neighborhood associations, schools, and citizen laboratories (Santos-Sopena, 2024, pp. 23–27). This emphasis on linking academic knowledge with community benefit guided the methodology applied in both case studies.

The second phase involved co-creation. Using design prototyping, mixed teams generated alternatives and discussed feasibility in terms of cost, materials, maintenance, and potential users. A DIWO (Do It with Others) and Learning by Doing methodologies stance guided facilitation, emphasizing complementary expertise rather than disciplinary boundaries. To frame the process, students completed project templates (Table 1) that required them to formulate learning objectives, identify the Sustainable Development Goals (SDGs) most closely related to their project, select the technical and transversal competences to be exercised, and define measurable outputs and indicators of impact.

Implementation was the third phase. In Coslada, students built modular furniture and planter systems with recycled wood and plastic bottles (or other kinds of plastics) collected by the school community. The design combined ease of assembly, safety in use, and adaptability for different age groups. Maintenance guidelines were part of the deliverables. In Lavapiés, teams prototyped and co-created STEAM workshops aimed to local shop owners. The emphasis was on inclusive participation and visible results in the neighborhood, not just on classroom performance.

Finally, the return and evaluation phase closed the cycle. Deliverables were presented to the community in public sessions where students explained constraints, choices, and next steps. Partners and users provided feedback on usability, aesthetics, and perceived benefit. Students produced short reflective reports connecting their initial assumptions with the evidence gathered during implementation. This phase highlights a core principle of SL: reciprocity and celebration (Eyler & Giles, 1999; Peña García, 2021). Give back to the community: it is also about public value created and returned.

Several instruments supported coherence across courses and semesters. First, rubrics combined technical criteria (functionality, reliability, safety, documentation) with indicators of collaboration, communication, and ethical awareness. Second, each team compiled an SDGs alignment sheet to make explicit which goals were being

addressed and how (for instance, SDG 11 through improved shared spaces, SDG 12 through responsible material use, SDG 4 through educational enrichment). Third, a simple logic model articulated inputs, activities, outputs, and outcomes, enabling teams to discuss plausible links between what they produced and who benefited. Ultimately, partnerships were formalized through light-weight memos of understanding to clarify roles, responsibilities, and care for the artifacts after the semester ended.

CASE STUDIES AND RESULTS

The outcomes are presented through two case studies. In Coslada, engineering students collaborated with a local school and community organizations to design and construct modular furniture and urban gardens using recycled materials. This initiative reinforced technical learning in design and prototyping, while also fostering transversal competences such as project management and environmental awareness. In the Lavapiés case, students participated in a citizen laboratory where they co-created with residents and cultural actors to develop urban interventions and inclusive STEAM programs through educational workshops. This process enhanced creativity, interdisciplinary communication, and civic engagement, providing significant learning experiences linked to innovation and social participation.

Both initiatives involved students from the Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) at the Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Most participants were enrolled in the Bachelor's Degree in Industrial Design Engineering and Product Development, though other branches of engineering, such as Mechanical, Chemical, Electrical, and Electronics, were also represented. The ETSIDI acted as a catalyst institution, providing both faculty and students to co-design solutions for community challenges. In SERVICIO COSLADA, teams of design engineering students collaborated with the City Council's Service-Learning Office and the CEIP El Olivo school to design mobile libraries, outdoor learning spaces, and modular furniture built from recycled materials. In INNOVA LAVAPIÉS, coordinated through Medialab and the SIE Seminar (sustainability, innovation, and entrepreneurship), students, mainly from Industrial Design; developed digital identity and communication projects with local businesses and residents (Santos-Sopena, 2024, p. 114). These experiences positioned students as active agents in urban innovation processes, integrating design, sustainability, and citizen participation into their academic formation.

Case Study 1: SERVICIO ETSIDI-Coslada

This initial experience involves a set of initiatives developed in collaboration with the Service-Learning Office of the Coslada City Council and the CEIP El Olivo (Primary

Education). The aim is to implement SL projects that foster educational growth through the co-creation of shared learning environments by school students, university students, local associations, citizens, and institutions. These initiatives are grounded in principles of circular economy and sustainability, brought to life through awareness-raising and hands-on manufacturing activities. Results are presented for each case along three dimensions (technical, transversal, and civic) followed by cross-cutting outcomes. In Coslada, the technical dimension involved the application of CAD tools, structural reasoning for weight-bearing elements in furniture, and iterative prototyping to improve ergonomics and durability. Students reported that moving from digital models to physical builds forced them to refine tolerances, rethink joints, and consider the texture of reclaimed materials. Teachers observed that the final pieces transformed the way certain corridors and patios were used; modular elements supported small group work, reading corners, and gardening activities that had not been possible before.

The transversal dimension in Coslada was equally significant. Teams practiced project management with real deadlines, territories, and stakeholder coordination. They learned to translate technical language for a non-technical audience and to anticipate concerns about safety and maintenance. Peer assessment suggested that the most valued skills were listening and flexibility: students had to accommodate school schedules, supply bottlenecks for recycled materials (other plastic materials), and unexpected weather conditions during outdoor work. Reflective reports evidenced growth in self-efficacy and a sharper sense of the public meaning of engineering.

The civic dimension became visible in the relationships established with the school community (friends and families). University students facilitated short hands-on sessions with children to assemble planters and experimented with small experiments about water cycles and material reuse. Families were invited to an afternoon event in which the new furniture and gardens were presented; feedback highlighted pride of authorship among students and a renewed sense of belonging among children who had participated in making the spaces more welcoming. While not a randomized evaluation, these observations indicate the capacity of SL to create social value alongside learning.

Case study 2: INNOVA LAVAPIÉS

In Lavapiés, the technical dimension was expressed through prompt and quick prototyping and technological mediation in public space using the design and co-creation of workshops. This initiative, coordinated through Medialab Prado (now Medialab Matadero) and ETSIDI-UPM, emerged within the program Madrid: Construir barrio en la pandemia, which aimed to connect neighborhood associations and

universities to co-design local solutions during the COVID-19 crisis. The project involved students from the ETSIDI-UPM working alongside professionals, local shop owners, and cultural agents from the Lavapiés district. Over several weeks, they developed a series of training and co-creation workshops focused on digital communication, corporate identity, and technological literacy. Activities included sessions such as *Tu marca – Las historias de tu marca*, *Kit de supervivencia digital*, and *Conoce a tus consumidores y clientes*, among others, each combining questionnaires, interviews, and hands-on exercises. The workshops were highly practical, promoting Learning by Doing, problem-based learning, and mediation as tools for community collaboration. More than fifteen local businesses participated, benefiting from mentoring and peer learning facilitated by ETSIDI students, a Medialab mediator, and professional collaborators (Santos-Sopena, 2024, pp. 140–150).

Transversal competences in Lavapiés are centered on intercultural communication, creativity, and interdisciplinary collaboration. Students navigated conversations with artists and activists whose priorities did not always align with conventional engineering metrics. Negotiating these differences required humility, translation of concepts, and the capacity to embrace partial solutions. Several students noted that working with younger participants in STEAM workshops changed their view of what counts as success: engagement, curiosity, and confidence were as important as technical inclusiveness (Land, 2013, p. 548). The civic dimension manifested in forms of participation that exceeded the original scope of the courses. Residents and university students co-facilitated workshops and visited the local shop owners in Lavapiés district.

Main results

Across both cases, four cross-cutting results stand out. First, student motivation increased as projects advanced and users became visible. Second, the quality of technical documentation improved because students anticipated future maintainers outside the university. Third, partnerships multiplied: once the first project was completed, additional actors approached the teams with new ideas, creating a pipeline of feasible challenges. Fourth, public perception of the university shifted toward an institution that listens and acts, not only lectures.

A further reason to embed SL in engineering is the cultivation of a systems perspective (Peña García, 2021). Community problems rarely align precisely with the boundaries of a single subject or department; they often cut across multiple areas, including transportation, energy, waste, education, and health. When students confront such entangled issues, they are compelled to trace causal chains, identify leverage points, and anticipate involuntary consequences. This habit of systems

thinking is encouraged by the slow, patient work of engaging stakeholders over time, revisiting assumptions after each iteration, and documenting both successes and dead ends.

SL also changes classroom dynamics. Lectures still matter, but they are transitioning to lab experiences, community visits, micro-lectures delivered on site, and post-activity debriefs (Peña García, 2021). Assessment moves beyond exams to include design reviews, reflective journals, and peer evaluation. Instructors shift from being sole sources of answers to curators of experiences and facilitators of dialogue. For many ETSIDI-UPM students, this shift initially produces discomfort; over time, it results in a stronger form of confidence, as well as the ability to listen, adapt, and learn with others (Peña García, 2021).

To monitor progress without overloading teams, we adopted simple and clear project management routines: weekly stand-ups with community partners when feasible, and biweekly milestone reviews involving ETSIDI-UPM faculty. Each review required an updated risk register and a brief statement of what had been learned since the previous checkpoint. This rhythm balanced accountability with flexibility and ensured that emergent insights could reshape the plan without derailing the calendar. Last but not least, ethical considerations were explicitly discussed. Students obtained consent for interviews, protected the privacy of participants, and avoided raising expectations beyond the scope of the course. Where projects touched on sensitive issues, such as accessibility or gender inclusion, students sought advice from specialized university offices and local NGOs; University students thanks to SL became “agente activo y responsable de su proceso formativo” (Peña García, 2021, p. 3). These practices were not mere formalities; they shaped design decisions and deepened students’ understanding of professional responsibility in an active way and position.

From a pedagogical viewpoint, the combination of authentic tasks, social relevance, and reflective practice aligns closely with principles outlined by Pintrich & Schunk: “Crear una cultura de aprendizaje y de respeto hacia otros” (2006, p. 336). The cases confirm that ETSIDI-UPM students’ motivation is more resilient when tasks are consequential and when feedback comes not only from instructors but also from users and peers. The act of explaining design choices to community members consolidates understanding and reveals gaps that might remain hidden in traditional coursework, the same scenario to Coslada Primary students and Medialab participants, more motivation and engagement. We also note a tension between innovation and institutional risk management. Projects that challenge conventional practices may generate legitimate concerns about safety, liability, or maintenance. Successful programs manage this tension by establishing clear protocols, involving relevant offices early, and framing SL as an avenue for responsible experimentation

rather than as a shortcut around standards. This pragmatic posture enables creativity without ignoring due diligence.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The analysis of these experiences highlights several contributions of SL in engineering education. First, SL provides a bridge between academic curricula and real-world problems, making technical knowledge more meaningful. Second, students strengthen soft skills such as communication, teamwork, and conflict resolution through collaboration with non-academic actors. Third, the connection to SDGs offers a framework that legitimizes projects and encourages partnerships with public administrations and third-sector organizations. However, challenges remain: the need for institutional recognition, integration into curricula without overloading faculty, and the importance of evaluating not only tangible outputs but also processes and social impact.

The cases analyzed here echo a broad consensus in the literature: SL supports meaningful learning, strengthens motivation, and invites students to inhabit the civic consequences of their technical choices. Eyler & Giles (1999) associate SL with a pedagogy of responsibility; Izquierdo-Montero & García-Gutiérrez (2022) frame it within the cultivation of democratic citizenship; Peña García (2021) calls for institutional design that protects SL from the unpredictability of ad hoc initiatives using real case scenarios, goals with educational background and context. From a cognitive standpoint, principles articulated by Pintrich & Schunk (2006) explain why authentic tasks and collaboration matter: they demand metacognition, negotiation of meaning, and productive failure, all of which are fertile for durable learning.

The engineering lens adds specificity. Technical design is constrained by materials, standards, budgets, and safety; SL introduces additional constraints that are social and temporal. Communities often operate with limited time and resources, and trust must be earned. Students learn to make trade-offs and to value maintainability as a design criterion. The Coslada furniture, for example, balanced strength and durability with the possibility of reconfiguration, acknowledging that school uses change across the year. In the Lavapiés initiative, the co-creation phase became a living laboratory of joint prototyping, where students, residents, and local business owners collaboratively developed visual communication tools through these workshops. Prototypes were adjusted in real time during collective testing sessions, integrating feedback from both technical and social perspectives. This process highlighted how engineering design can function as a shared negotiation: balancing functionality, accessibility, and the cultural rhythms of neighborhood life. Institutionalization emerges as the decisive factor for continuity. Without stable partnerships and clear procedures, SL depends on exceptional effort by individual

faculty members and cannot scale. With institutional support, nevertheless, SL becomes a platform: a recognizable interface through which community actors can bring challenges, students can earn credit while serving the public, and departments can align teaching with outreach.

From the two cases, we gain pragmatic recommendations for engineering programs. First, adopt a common template that captures SDG alignment, stakeholders, risks, and indicators from the outset. Second, invest in facilitation skills: mediation and communication are not incidental; they are instrumental for technical success when projects span the university–territory boundary. Third, design assessment that values process as well as product; rubrics can incorporate evidence of listening, iteration, and ethical reasoning. Fourth, cultivate a portfolio of challenges with varying complexity so that teams at different levels can contribute meaningfully. Finally, publish results in open formats so that others can adapt designs and avoid reinventing the wheel.

Limitations of this study include the absence of experimental controls, potential selection bias in student participation, and the difficulty of isolating long-term community outcomes from broader dynamics in the neighborhoods. Future work could combine SL with longitudinal tracking of graduates' professional trajectories, examine how SL influences students' self-concept as engineers, and explore partnerships with municipal agencies to embed and insert student work in policy pilots. Even with these limitations, the cases demonstrate that SL can be a disciplined, rigorous part of engineering education, not an anecdotal supplement.

In conclusion, integrating SL into engineering curricula advances a dual mission: it enables students to master disciplinary content through authentic practice, and it positions the university as a reliable collaborator in the life of the city. The method is replicable, the benefits are tangible, and the costs are reasonable when partnerships are well designed. The challenge before us is less about proving that SL works and more about creating the institutional conditions that enable it to endure and scale. For all these reasons, SL in engineering represents a privileged space to integrate technical and social competences within a framework of shared responsibility. Rather than being a marginal methodology, it is a strategic approach to rethinking the mission of higher education institutions from the perspective of innovation and social commitment.

Table 1. Impact Matrix of the Proposed CASES

Impact areas as a working approach	Competencies transversal skills as fundamental tools for the development of individuals and professionals	Social impact as the objective of the university community's action	Innovation within the University, both in its functions and in its practices
Causes What are the reasons and how do they affect our impact areas?	There continues to be a dual perception of knowledge that underestimates the artistic, humanistic, and social fields in favor of the scientific and technical	There is a disconnection between the university and the challenges faced by society, which fosters a gap between what happens inside and outside	The university does not foster innovation due to a lack of agility in its system
Consequences What effects does the challenge seek to address?	Technical-theoretical teaching almost entirely shapes engineering training, leaving aside the development of other necessary professional and personal competencies	Courses, assignments, and projects developed at the university do not reflect the real needs of society and therefore isolate students from their future professional context	Significant efforts are devoted to maintaining a closed and obsolete system, reducing the university's capacity for social impact
Impact objective What does it seek to transform?	To promote transversal competencies in technical education so that engineering training can broaden its professional and personal perspective	To promote educational systems that contribute to student training through listening, networks, and participation/action with the community	To generate a more innovative university system
Short-term results What immediate effects are expected from the action?	To mobilize the university community regarding the need to acquire transversal competencies	To mobilize citizen groups and organizations, generating networks and spaces for engagement with them	To mobilize the university regarding the need for new approaches
Mid-term results What mid-term effects are expected from the action?	To foster the steam link and increase awareness of transversal competencies in technical studies	To strengthen communication channels with citizens and organizations, implement shared projects, and improve perceptions of listening and engagement	To collaborate, coordinate, and optimize resources across different schools and university bodies
Long-term results What long-term effects are expected from the action?	To expand the academic curriculum by introducing courses linked to steam	To build a better-connected university and civic community, create stable listening channels, and positively impact society	To create an open methodology (tools, indicators, and processes) that facilitates the replicability and dissemination of the new approach

Note: This table stems from the collaborative work carried out by the author together with Anna Aguiló, with the support of the SHIP2B Foundation, within the framework of the ES NUESTRO project (pilot phase 2022–23) at the School of Industrial Engineering and Design of the Universidad Politécnica de Madrid, supported by the Daniel and Nina Carasso Foundation

REFERENCES

- Eyler, J. & Giles, D. E. Jr. (1999). *Where's the learning in service-learning?* San Francisco, C.A.: Jossey-Bass.
- Izquierdo-Montero, A. & García-Gutiérrez, J. (2022). ¿Qué aprendizajes y qué servicios? Preguntas para una praxis educativa transformadora desde el Aprendizaje-Servicio. *Estudios Pedagógicos*, 47(4), 91-108. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052021000400091>
- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- Peña García, P. (2021). Hacia la justicia social en Educación Superior. Metodología docente y de investigación a través del Aprendizaje Servicio. *Aula de Encuentro*, 23(2), 1-4. <https://doi.org/10.17561/ae>
- Pintrich, P. & Schunk, D. (2006). *Motivación en contextos educativos: Teoría, investigación y aplicaciones* (2ª ed). Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Santos-Sopena, Ò. O. (2024). *6 claves para entender el aprendizaje-servicio y la mediación*. Madrid: Dextra Editorial.
- Santos-Sopena, Ò. & Rodríguez Cuadrado, B. (2023a). El aprendizaje-servicio como clave en el proceso formativo de transformación social. In *Vulnerabilidades y nuevas demandas sociales: un enfoque interdisciplinar desde las organizaciones* (pp. 315-328). Dykinson.
- Santos-Sopena, Ò. & Rodríguez Cuadrado, B. (2023b). Evaluación de proyectos de ingeniería y diseño industrial en entornos educativos STEAM: Reflexiones sobre participación y aprendizajes. In A. Vico-Bosch y L. Vega Caro (Coords.), *La innovación en el ámbito socioeducativo a través de las tecnologías y la atención a la diversidad* (pp. 171-188). Dykinson.

CAPÍTULO 16

CONGRESO DE TRABAJOS COLABORATIVOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL: 12 AÑOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

DIEGO CAMPOS JUANATEY, JOSÉ ANTONIO ALONSO RODRÍGUEZ,
Y MARTA ABRUÑEDO SALABERRI

Escuela Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje colaborativo es un enfoque educativo que tiene como objetivo prioritario que los estudiantes trabajen juntos para resolver problemas y puedan aprender unos estudiantes de otros (Barkley et al., 2007; Escudero Escorza et al., 2000). En el trabajo colaborativo el individuo aprende más de lo que aprendería por sí solo, debido a la interacción entre los integrantes del equipo (Chaljub, 2014; Revelo-Sánchez et al., 2018).

Roselli (2016) afirma que en el aprendizaje colaborativo se deben desarrollar estrategias concretas que el docente puede utilizar en diferentes momentos del proceso enseñanza-aprendizaje. Estas estrategias, que están implícitas en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, son las siguientes: Interacción con los otros (los estudiantes comparten ideas y conocimientos de manera constante), negociación y elaboración de consensos (los miembros del grupo dependen unos de otros para alcanzar objetivos comunes), organización de la actividad entre todos los miembros del grupo, apropiación de información (cada miembro es responsable de su propio aprendizaje y del aprendizaje del grupo), elaboración conceptual (cada miembro del grupo, y el grupo en sí, debe quedarse, al final del proceso, con unos conceptos claros de toda la actividad desarrollada, además de todo lo aprendido en el proceso), redacción comunicativa (el trabajo final es de todos los miembros del grupo, y es responsabilidad comunitaria, de ahí que no es un miembro el que hace la redacción y presentación, sino el grupo).

Además de estas estrategias que hemos mencionado anteriormente, el profesor puede ir incluyendo en el grupo otras actividades, pero, no incluyéndolas todas juntas, sino de una forma progresiva, de tal modo que el alumnado siempre se sienta cómodo en el grupo. Estas nuevas actividades pueden surgir del profesorado o del grupo (Roselli (2016). Lo que se intenta con el aprendizaje colaborativo es que sea un aprendizaje social, y que se integren los conocimientos de manera menos competitiva, y más enfocada en el proceso individual y grupal, utilizando todos los recursos que la pedagogía y la psicología ponen a disposición de la comunidad educativa para facilitar la enseñanza-aprendizaje.

Las características fundamentales del aprendizaje colaborativo, según Johnson et al., (1999) se pueden reducir a cinco:

En primer lugar, “la interdependencia positiva”, es decir, los individuos se consideran miembros de un grupo y todos se necesitan, de tal modo que, si uno falla, fallan también las metas del grupo y falla el grupo. El éxito individual es el éxito del grupo.

En segundo lugar, “la interacción cara a cara o simultánea”, es decir, los individuos tienen que trabajar juntos y compartir conocimientos, recursos y ayuda. Deciden en grupo la forma de enfocar cualquier actividad.

En tercer lugar, está “la responsabilidad individual”, es decir, cada individuo tiene que responsabilizarse para conseguir las metas, y estas se conseguirán si cada individuo se preocupa de él mismo y de los demás (Johnson et al., 1999; Prieto, 2005).

La cuarta característica del aprendizaje colaborativo, según Johnson et al., (1999) son “las habilidades sociales”, que son necesarias para el buen funcionamiento del grupo y para que todos los miembros se encuentren cómodos en el grupo y se sientan motivados. En el grupo habrá distintos roles, como puede ser el líder, el puntual, el trabajador, el holgazán, etc. El grupo tiene que aprender a manejar todas esas actitudes para encauzarlas y que el grupo se sienta productivo. Estos aprendizajes del individuo le serán útiles no sólo para este grupo, sino también para los grupos que van a tener en su labor profesional posterior.

La quinta y última característica del aprendizaje colaborativo es “la autovaloración del grupo”, lo que quiere decir que cada alumno debe valorar el proceso de aprendizaje del grupo. Esto le servirá como reflexión y aprendizaje sobre el proceso del grupo, y este aprendizaje le será útil, el día de mañana, para aprender a valorar los futuros grupos en los que va a tener que participar en su vida profesional.

El aprendizaje colaborativo está cogiendo, cada vez más fuerza, y se sigue centrando su eficacia en la educación primaria y secundaria (Torrego y Negro, 2012; García-Valcárcel et al., 2014), pero, menos en la universidad (Fernández, 2012). Y, cuando se aplica a estudiantes universitarios, no se suelen centrar en las carreras STEM (siglas en inglés de: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) (Barkley et al., 2007), por eso, en esta investigación nos centramos en estudiantes universitarios de una carrera STEM. Un tema recurrente en la investigación en el aprendizaje colaborativo se centra en la enseñanza-aprendizaje con las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) (Carrió, 2007; Hernández Martín y Olmos Migueláñez, 2011).

El estudio que analizamos, además del aprendizaje colaborativo, sigue las características de los trabajos basados en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Este aprendizaje tiene unos objetivos concretos: a) Que el alumnado sea capaz de interpretar los acontecimientos que ocurren a su alrededor, b) Motivar al alumnado

para que tenga experiencias de aprendizaje atractivas mediante proyectos complejos del mundo real, c) Indagación propia del estudiante, d) Los temas de estudio-investigación deben ser actuales, e) Se deben efectuar dos presentaciones del trabajo, uno al principio y otro al final (González Cespón et al., 2018; Martí et al., 2010; Zambrano Briones et al., 2022).

Objetivos del estudio

El trabajo colaborativo que se está llevando a cabo en la Escuela Industrial de la Universidad de Vigo tiene como objetivos los siguientes: 1) Que el alumnado desarrolle competencias transversales de la titulación a través del aprendizaje colaborativo, 2) Que el alumnado aprenda a presentar problemas y a resolverlos en grupo, 3) Que el alumnado aprenda la interdependencia positiva, 4) Que el alumnado fomente y practique la interacción con los compañeros, 5) Que el alumnado se responsabilice individualmente con el proceso-aprendizaje del grupo, 6) Que los individuos practiquen las habilidades sociales, y 7) Que el alumnado aprenda y practique la autovaloración personal y la autovaloración del grupo. 8) Enseñar al alumnado a hablar en público, a exponer el trabajo en grupo y con calidad (Competencia Transversal 3. Comunicación oral y escrita de conocimientos).

MÉTODO

Participantes

El número de participantes en la última edición del Congreso de Trabajos Colaborativos, congreso número 25, ha sido de 121 estudiantes. El número de participantes de los congresos y de la correspondiente actividad colaborativa, es superior a 100 participantes/congreso, haciendo un total en los 12 años de la experiencia del trabajo colaborativo, de más de 2500 estudiantes de la Universidad de Vigo.

Además de estudiantes, en los 12 años de experiencia también han participado en la actividad colaborativa más de 20 profesores de diferentes titulaciones, que han contribuido a mejorar la actividad realizada. Los profesores que coordinan esta actividad forman parte del Grupo de Innovación Educativa RED I+S, un grupo de docentes que investigan la puesta en práctica de procedimientos educativos innovadores.

Procedimiento (historia)

El origen del trabajo colaborativo de Ingeniería Industrial surge de la necesidad de tener unas prácticas modernas de la materia de Oficina Técnica. En 2013, los profesores José Luis González Cespón y José Antonio Alonso Rodríguez, de la Universidad de Vigo, decidieron juntar al alumnado de los diferentes grados de

Ingeniería Industrial en los que impartían docencia, para que entre todos colaborasen en el desarrollo de un trabajo conjunto. Posteriormente se incorporaron a la actividad estudiantes y profesorado de la Facultad de Biología, y en posteriores ediciones se contó con la participación de la Facultad de Ciencias Jurídicas y del Trabajo, Facultad de Ciencias Económicas, y Facultad de Filología y Traducción.

La temática del Congreso y trabajo colaborativo también ha evolucionado, comenzó siendo un proyecto técnico dentro del ámbito de la Ingeniería Industrial, y se ha transformado en la resolución de un problema social en el que se integran conocimientos técnicos de las diferentes titulaciones involucradas. Algunos de los trabajos realizados han terminado ganando premios, como el trabajo “Afouteza de Galicia”, ganador de los premios Incuvi-Emprende y premio local de Hack for Good, un concurso organizado por la Cátedra Telefónica.

El trabajo consiste en que el alumnado busca un problema social, como por ejemplo, la adulteración, mediante drogas, de bebidas alcohólicas, por la noche, en las discotecas, o como en el caso de “Afouteza de Galicia”, la creación de una planta de compostaje que transforma los residuos forestales en compost ecológico. Cada grupo de estudiantes propone un tema social y busca una solución. Cada especialidad aporta sus conocimientos para dar solución al problema.

Cada grupo de trabajo está formado por 3 miembros de cada especialidad, dando un total de 9 o 12 alumnos por grupo. Una vez constituido el grupo, mediante el método de Design Thinking, se selecciona el tema (problema) y se busca la solución, aportando cada especialidad los conocimientos de su rama. Las decisiones tomadas por cada grupo serán planteadas a un profesor-tutor con el que se analizarán los pros y los contras de las decisiones.

Finalizado el proceso de solución del problema, se redacta un breve informe que será revisado por el/la tutor/a. El grupo también prepara la presentación (PowerPoint) que se expondrá en el Congreso de Trabajos Colaborativos, y que previamente a la exposición en el congreso es supervisada por el profesorado un mínimo de 2 veces.

Congreso de Trabajos Colaborativos

Cada cuatrimestre se celebra en un Salón de Actos de alguno de los grados del alumnado involucrado en el trabajo, el Congreso de Trabajos Colaborativos, que está presidido por una autoridad académica. En este congreso cada grupo de estudiantes expone el trabajo elaborado. En la presentación deben intervenir (exponer) todos y cada uno de los miembros del grupo y tienen que intervenir todos los grupos. Se celebran 2 Congresos cada año, uno por cuatrimestre, para el alumnado de ese cuatrimestre.

Finalizado el acto de presentación de los trabajos, las autoridades académicas presentes, entregan diplomas a todos los participantes. Para finalizar, el alumnado también redacta un resumen del trabajo, con el que se elabora un “Libro de Resúmenes” del Congreso. El Congreso es grabado íntegramente en vídeo y está disponible en la página web del Congreso.

Criterios de Evaluación

Para la organización del trabajo, antes de empezar la actividad, se realiza un simulacro a modo de ejemplo, en el que se explican los pasos a seguir en la aplicación de las diferentes metodologías de aprendizaje, desde las dinámicas de trabajo colaborativo, el método Design Thinking, y los objetivos generales de la actividad a desarrollar.

La evaluación de la actividad tiene un doble baremo, por un lado, al finalizar el Congreso se entrega a todos los estudiantes un diploma justificativo de participación en la actividad, y por otro lado, dentro de las materias de los diferentes grados, se evalúan las competencias transversales involucradas en la actividad.

La evaluación de las competencias se realiza mediante una Rúbrica de Evaluación del Trabajo Colaborativo de Oficina Técnica, que contempla todos apartados evaluados y que está disponible, para el alumnado, en la plataforma MOOVI de la asignatura, desde el primer día de clase.

RESULTADOS

De los 2500 estudiantes que han participado en el trabajo colaborativo, el 100% han superado el trabajo. El 95% del alumnado que ha participado en la actividad colaborativa han indicado que ha sido una experiencia muy formativa y satisfactoria, y que han tenido una mejora significativa en sus habilidades comunicativas.

En la última edición del Congreso de Trabajos Colaborativos, congreso número 25, de los 121 estudiantes participantes, el 78,64% eran hombres y el 21,36% mujeres, con una media de edad de 22,4 años y un rango de edad entre 21 y 25 años. Se obtuvieron 2 calificaciones: Una correspondiente a la valoración de las competencias comunicativas, mediante la valoración de la Presentación realizada en el Congreso, en la que los estudiantes obtuvieron una nota media de 8,51 sobre 10, con una desviación típica de 1,09. Y una valoración del conjunto del Trabajo Colaborativo con una nota media de 7,29 y una desviación típica de 1,37.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

Se ha comprobado que en el trabajo colaborativo el individuo desarrolla competencias que no se desarrollan en un trabajo individual, debido a la interacción con el equipo. En un primer momento, los participantes son reticentes a relacionarse

y colaborar, pero a medida que avanza la experiencia colaborativa, mejora la interacción entre los miembros del grupo. En la exposición final del congreso, el estudiantado ya se ha responsabilizado como grupo, mostrando una gran cooperación y coordinación, demostrando de este modo la eficacia y validez del método.

También se ha observado que en la dinámica de trabajo se manifiestan las cualidades implícitas en el proceso de enseñanza-aprendizaje: Interacción entre estudiantes, negociación y elaboración de consensos, organización de la actividad entre todos los miembros del grupo, apropiación de información, elaboración conceptual, y redacción comunicativa.

Como conclusión general podemos decir que tanto el estudiantado como el profesorado tiene una reacción positiva respecto a la aplicación del método del trabajo colaborativo y a los resultados obtenidos. Una prueba de ello es que esta actividad se viene efectuando desde hace 12 años, y cada año se incorporan nuevos docentes interesados por la actividad realizada.

Limitaciones del estudio y nuevas líneas de investigación

Una de las principales limitaciones del estudio es que la evaluación de la actividad se ha centrado en cada individuo y las competencias desarrolladas.

En futuros estudios se debe implementar una evaluación, por parte de los profesores y alumnos, de todos y cada uno de los procesos del estudio, centrándose, además de los contenidos del trabajo y las competencias transversales de la asignatura, en otras actitudes, como la interdependencia positiva, la interacción con los compañeros, la responsabilidad individual, las habilidades sociales, y la autovaloración del grupo.

En futuros estudios habrá que analizar la forma de que cada individuo pueda valorar su comportamiento en el grupo, el del grupo como tal, y el rendimiento individual (cada uno la suya), y del grupo. También habrá que mirar si hay correlación entre la puntuación de los individuos, y entre la puntuación de los individuos y la del profesor.

REFERENCIAS

Barkley, E. F., Cross, K. P., y Major, C. H. (2007). *Técnicas de aprendizaje colaborativo: Manual para el profesorado universitario*. Ediciones Morata.

Carrió, M. L. / (2007). Ventajas del uso de la tecnología en el aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 41(4), 1-10.

Chaljub, J. M. (2014). Trabajo colaborativo como estrategia de enseñanza en la universidad. *Cuadernos de Pedagogía Universitaria*, 11(22), 64-71.

Escudero Escorza, T., Rodríguez Barreiro, L. M., y Fernández Manzanal, R. (2000). La investigación sobre el aprendizaje colaborativo: Enfoques, métodos y resultados. *Anuario de Pedagogía*, 2, 305-338.

Fernández, B. (2012). *El aprendizaje colaborativo para favorecer la participación activa: De los alumnos de la carrera de ingeniería industrial*. Editorial Académica Española.

García-Valcárcel, A., Basilotta, V., y López, C. (2014). Las TIC en el aprendizaje colaborativo en el aula de Primaria y Secundaria. *Comunicar*, 21(42), 65-74. <https://doi.org/10.3916/C42-2014-06>

González Cespón, J. L., Alonso Rodríguez, A. A., Gallego Veigas, P. P., y Rodríguez Barcia, S. (2018). Descripción de una experiencia multidisciplinar mediante metodología PBL en educación superior. En P. Membiela, N. Casado, M. I. Cebreiros, y M. Vidal (Eds.). *Nuevos desafíos en la enseñanza superior* (pp. 467-471). Educación Editora.

Hernández Martín, A. y Olmos Migueláñez, S. (2011). *Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías*. Ediciones Universidad de Salamanca.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., y Holubec, E. J. (1999). *Aprendizaje cooperativo en el aula*. Paidós.

Marti, J. A., Heydrich, M., Rojas, M., y Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: Una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11-21.

Prieto, L. (2005). *El aprendizaje cooperativo*. PPC Editorial.

Revelo-Sánchez, O., Collazos-Ordóñez, C. A., y Jiménez-Toledo, J. A. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: Una revisión sistemática de literatura. *TecnoLógicas*, 21(41), 115-134.

Roselli, N. D. (2016). El aprendizaje colaborativo: Bases teóricas y estrategias aplicables a la enseñanza universitaria. *Propósitos y Representaciones*, 4(1), 219-280. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.90>

Torrego, J. C. y Negro, A. (2012). *Aprendizaje cooperativo en las aulas: Fundamentos y recursos para su implantación*. Alianza.

Zambrano Briones, M. A, Hernández Díaz, A., y Mendoza Bravo, K. L. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Revista Conrado*, 18(84), 172-182.

CAPÍTULO 17

DOCENCIA TRANSFORMADORA EN TERRITORIOS VULNERABLES DESDE LA INNOVACIÓN EDUCATIVA BASADA EN RESULTADOS, FORESIGHT Y LEAN STARTUP

FABIOLA COLMENERO FONSECA*, DANIEL RUIZ LÓPEZ**,
RAMIRO RODRÍGUEZ PÉREZ**, Y JUAN FRANCISCO PALOMINO BERNAL**

**Universidad Autónoma de Coahuila;*

***Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán*

INTRODUCCIÓN

La educación contemporánea enfrenta el desafío de formar ciudadanos capaces de abordar problemáticas globales desde una perspectiva crítica, ética y transformadora. En este contexto, la sostenibilidad energética emerge como un eje transversal que demanda enfoques pedagógicos innovadores, especialmente en territorios vulnerables donde la pobreza energética limita el desarrollo humano y social.

La pobreza energética afecta al 13% de la población mundial, exacerbando las desigualdades en comunidades con acceso limitado a servicios básicos (United Nations, 2025). Frente a esta realidad, es imperativo que la educación integre tecnologías emergentes como la programación en Python, el análisis de datos abiertos y la inteligencia artificial para empoderar a los estudiantes en la identificación y resolución de estos desafíos.

Metodologías como la innovación guiada por resultados (Outcome-Driven Innovation), la prospectiva estratégica (Strategic Foresight) y el emprendimiento esbelto (Lean Startup) ofrecen marcos estructurados para orientar procesos educativos hacia la sostenibilidad. Estas metodologías promueven la identificación de necesidades reales, la anticipación de escenarios futuros y la creación de soluciones adaptativas y escalables (Futures Platform, 2024; Ries, 2011; Shi et al., 2023).

Incorporar estas metodologías en el ámbito educativo permite desarrollar competencias técnicas y ciudadanas en los estudiantes. Por ejemplo, el uso de herramientas como QGIS y algoritmos de aprendizaje automático (RandomForest, XGBoost) facilita el análisis geoespacial y la modelación predictiva de indicadores de pobreza energética, permitiendo la formulación de soluciones contextualizadas y sostenibles.

Además, la integración de estas metodologías fomenta una visión crítica del emprendimiento, entendiendo que emprender no se trata únicamente de crear modelos de negocio rentables, sino de cuestionar para quién, desde dónde y con qué

impacto se están creando soluciones. Este enfoque promueve una lógica restaurativa, vinculada a los saberes locales, la economía circular y la justicia social (Castro-Quelal et al., 2024).

En suma, la educación transformadora en territorios vulnerables requiere de enfoques pedagógicos que integren tecnologías emergentes y metodologías innovadoras para empoderar a los estudiantes como agentes de cambio. Al hacerlo, se promueve una educación orientada al desarrollo sostenible, capaz de generar soluciones pertinentes y sostenibles a los desafíos energéticos y sociales contemporáneos.

MÉTODO

El programa "Reconéctate con tu Cultura" promueve una visión integral de la sostenibilidad, al incorporar dimensiones técnicas, culturales y sociales en los procesos formativos. Esta perspectiva permite a los estudiantes comprender que la sostenibilidad trasciende la simple adopción de tecnologías verdes, al implicar también la valorización, preservación y respeto de las prácticas culturales que han demostrado ser sostenibles a lo largo del tiempo. En esta línea, la red RWYC (ver figura 1), conformada por especialistas en educación y sustentabilidad, plantea como ejes de acción:

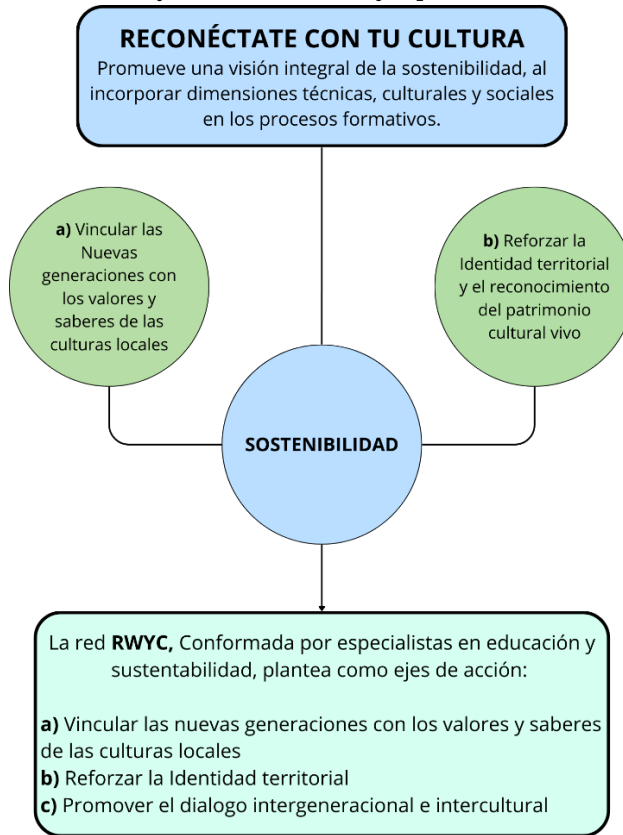
a) vincular a las nuevas generaciones con los valores y saberes de las culturas locales.

b) reforzar la identidad territorial y el reconocimiento del patrimonio cultural vivo.

c) promover el diálogo tanto intergeneracional como intercultural, reconociendo que el conocimiento profundo de la propia cultura es base para el entendimiento y la valoración de la diversidad cultural como un recurso estratégico para el desarrollo global (Colmenero Fonseca, 2022).

Esta propuesta se articula con el enfoque metodológico mixto y participativo adoptado en este estudio, que combina tres fundamentos clave: la educación basada en resultados (Outcome-Based Education), la prospectiva estratégica (Foresight) y la filosofía Lean Startup aplicada al ámbito educativo. Esta convergencia metodológica busca transformar la formación en contextos vulnerables, potenciando sus capacidades socioculturales y reconociendo las restricciones estructurales que enfrentan, al tiempo que se fomenta una educación contextualizada, sostenible y socialmente pertinente (Colmenero Fonseca, 2022; Niglio Soriente y Schafer, 2021; Smith, 2017).

Figura 1. Identidad, Cultura y Sostenibilidad: Ejes para la Transformación Educativa



Fuente: Elaboración propia

Diseño metodológico

La investigación se enmarca en un diseño mixto convergente, el cual combina métodos cualitativos y cuantitativos para captar tanto la profundidad contextual como la generalización de resultados (Creswell y Clark, 2017). Esta convergencia permite explorar no solo los resultados de aprendizaje, sino también la percepción, el compromiso y el desarrollo de competencias socioemocionales y éticas.

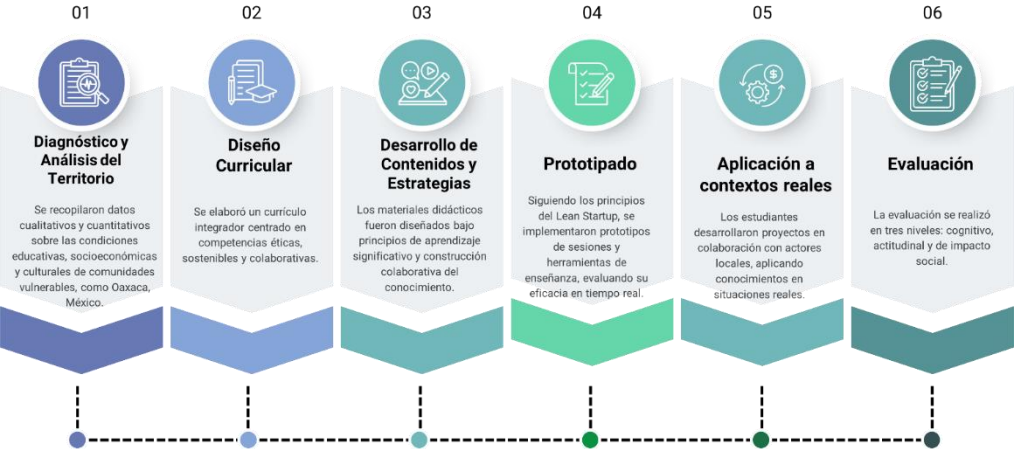
Se utilizaron como referencias metodológicas:

- Outcome-Based Education (OBE): como estructura de planeación y evaluación de competencias (Harden, 2007; Spady, 1994).
- Lean Startup adaptado a educación: como modelo iterativo de prueba, error y mejora (Ries, 2011).
- Strategic Foresight: como enfoque anticipativo para diseñar rutas curriculares resilientes y contextualizadas (Futures Platform, 2024; Shi et al., 2023).

Estructura metodológica en seis fases

El curso "Construcción Ética y Sostenible", implementado como piloto, se diseñó en seis fases conectadas, inspiradas en el enfoque Lean-Agile y el ciclo de innovación educativa iterativa. Cada fase se fundamenta en marcos teóricos y pedagógicos actualizados (Ver figura 2):

Figura 2. Metodología Integral desarrollada para la Educación Transformadora



Fuente: Elaboración propia

Fase 1. Diagnóstico participativo y análisis del territorio

Se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos sobre las condiciones educativas, socioeconómicas y culturales de comunidades vulnerables, como Oaxaca (México). Esto permitió adaptar el diseño instruccional a los desafíos reales del entorno (Ogunyemi, 2016). Se emplearon entrevistas, análisis documental y mapeo con herramientas SIG.

Fase 2. Diseño curricular orientado a resultados

Se elaboró un currículo integrador centrado en competencias éticas, sostenibles y colaborativas. Este diseño se inspiró en el OBE y se alineó con los valores del método RWYC y la Carta de Tokio, integrando saberes locales como fuente de innovación sostenible (Colmenero Fonseca, 2022; Niglio Soriente y Schafer, 2021).

Fase 3. Desarrollo de contenidos y estrategias

Los materiales didácticos fueron diseñados bajo principios de aprendizaje significativo y construcción colaborativa del conocimiento. Se incorporaron estudios de caso y retos reales definidos en colaboración con comunidades, promoviendo la conexión entre teoría y práctica (Valenciano Canet, 2025).

Fase 4. Prototipado pedagógico y evaluación continua

Siguiendo los principios del Lean Startup, se implementaron prototipos de sesiones y herramientas de enseñanza, evaluando su eficacia en tiempo real. La retroalimentación se usó para iterar y mejorar el curso durante su ejecución (Ries, 2011).

Fase 5. Aplicación en contextos reales

Los estudiantes desarrollaron proyectos en colaboración con actores locales, aplicando conocimientos en situaciones reales. Se documentaron aprendizajes, impactos y desafíos para retroalimentar el modelo (Valenciano Canet, 2025).

Fase 6. Evaluación de resultados y análisis integral

La evaluación se realizó en tres niveles: cognitivo, actitudinal y de impacto social. Se aplicaron rúbricas de competencias, encuestas de percepción, análisis de contenido y técnicas estadísticas para validar el enfoque mixto (Creswell y Clark, 2017).

Técnicas e instrumentos

Cualitativos

- Entrevistas semiestructuradas a docentes, estudiantes y líderes comunitarios.
- Grupos focales para validar percepciones y recoger saberes tradicionales.
- Bitácoras reflexivas y portafolios de los estudiantes.

Cuantitativos

- Encuestas de satisfacción y aprendizaje.
- Pruebas diagnósticas y evaluaciones finales.
- Análisis estadístico de correlación entre participación, enfoque ético y desarrollo de soluciones sostenibles.

Población y muestra

La población estuvo conformada como se describe a continuación:

- Estudiantes de arquitectura e ingeniería de tres universidades mexicanas.
- Docentes responsables de asignaturas relacionadas con sostenibilidad y ética.
- Representantes de comunidades rurales involucradas en proyectos colaborativos.

La muestra fue seleccionada mediante muestreo intencional y estratificado, considerando variables como trayectoria académica, género, experiencia previa y participación en proyectos comunitarios.

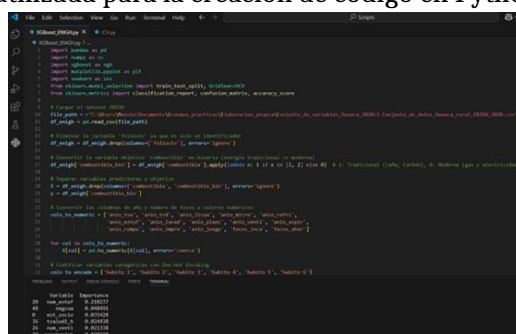
Para obtener una muestra representativa, se utilizaron los siguientes criterios:

- Selección aleatoria estratificada para garantizar la representación de diversas universidades y niveles de estudio.
- Inclusión de un número equilibrado de docentes con experiencia variada en la enseñanza de la asignatura.
- Colaboradores externos seleccionados en función de su participación en proyectos de infraestructura sostenible.

Análisis de datos

Los datos cualitativos fueron analizados mediante análisis temático y análisis de contenido con el apoyo de software como NVivo. Los datos cuantitativos fueron procesados con Python, aplicando estadística descriptiva, análisis factorial y correlación de Pearson para identificar relaciones significativas entre variables educativas y contextuales, como se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3. Interfaz principal del entorno de desarrollo Visual Studio Code, utilizada para la creación de código en Python



Fuente: Adaptado de la interfaz del software de código abierto Visual Studio Code (Microsoft Inc., 2025)

RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del curso piloto “Construcción Ética y Sostenible” en su segunda fase de implementación revelan impactos significativos tanto en el desarrollo de competencias estudiantiles como en la transformación de las comunidades participantes. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes, organizados en función de los ejes de análisis definidos en la metodología.

Resultados en los estudiantes: desarrollo de competencias y pensamiento estratégico

La participación activa en el curso favoreció una mejora cuantificable en las siguientes dimensiones:

- Competencias digitales y tecnológicas: El 87 % de los estudiantes manifestó haber adquirido habilidades avanzadas en el uso de QGIS, Python y algoritmos de aprendizaje automático (RandomForest y XGBoost), reflejadas en el desarrollo de modelos predictivos aplicados al análisis de pobreza energética.

- Pensamiento estratégico y resolución de problemas complejos: Se observó una mejora del 65 % en la capacidad de análisis crítico y sistémico en la identificación de problemas energéticos y la propuesta de soluciones contextualmente viables, medida mediante rúbricas de desempeño antes y después del curso.

- Conciencia ética y socioambiental: El 91 % de los estudiantes reconoció una transformación en su percepción sobre el papel de la ingeniería y la arquitectura en la construcción de sociedades más justas y sostenibles, impulsada por la inclusión de saberes locales y principios de justicia energética.

- Aprendizaje basado en retos reales: El 100 % de los proyectos estudiantiles incluyeron soluciones codiseñadas con actores comunitarios, priorizando el respeto a la cultura, la adaptabilidad tecnológica y la sostenibilidad de largo plazo.

Estudio de caso: Proyecto piloto de almacenamiento energético en Oaxaca, México

Este estudio de caso plantea el desarrollo de un proyecto piloto en el estado de Oaxaca, México, donde se propone implementar tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías de litio o sistemas de almacenamiento térmico, en combinación con fuentes de energía renovable (solar y eólica). Dada la alta capacidad de generación renovable en la región, Oaxaca se presenta como un entorno ideal para poner en marcha soluciones innovadoras en el sector energético (Ver figura 4).

Figura 4. Localización del estado de Oaxaca en México (área señalada sin color)



Fuente: Elaboración propia mediante el software QGIS

Contexto

Oaxaca alberga uno de los mayores potenciales para la generación de energías limpias en México, lo que la convierte en un lugar estratégico para implementar modelos de almacenamiento que optimicen el uso de fuentes renovables y fortalezcan la estabilidad del sistema eléctrico.

Objetivos del estudio

- Evaluar la viabilidad técnica y económica de una planta de almacenamiento.
- Analizar su impacto en la reducción de costos energéticos.
- Estudiar la integración del sistema con la infraestructura renovable existente.

El estudio se desarrolló en tres fases: evaluación técnica de recursos disponibles y capacidad de almacenamiento; implementación de la tecnología más viable (baterías de litio o almacenamiento térmico) con la infraestructura necesaria; y análisis de resultados en eficiencia, costos, emisiones e impacto económico. Las conclusiones destacan la viabilidad del proyecto, su integración con otras iniciativas y su potencial de replicarse a mayor escala.

En Oaxaca la eficiencia energética se mantiene en un nivel medio: persisten carencias de infraestructura, sobre todo en zonas rurales, donde muchas comunidades aún carecen de servicios básicos y tecnologías modernas, a diferencia de áreas urbanas con mejor conectividad (figura 5).

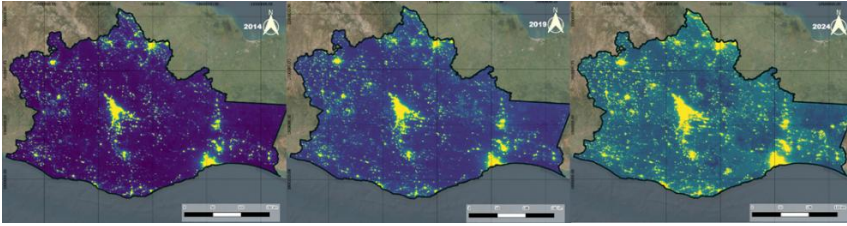
Figura 5. Vista de la interfaz principal de Google Earth Engine, empleada para la gestión y extracción de datos geoespaciales en la generación de mapas



Fuente: Adaptado de la plataforma Google Earth Engine

No obstante, Oaxaca posee uno de los mayores niveles de radiación solar en México, lo que le confiere un alto potencial para el aprovechamiento de la energía solar. Esta ventaja, sumada al crecimiento gradual de viviendas sostenibles en ciertas áreas, genera condiciones propicias para la expansión de soluciones renovables (ver figura 6). Sin embargo, factores como las limitaciones económicas y la falta de infraestructura adecuada continúan representando obstáculos para una implementación a gran escala.

Figura 6. Comparativa de la iluminancia nocturna en el estado de Oaxaca en México entre 2014 y 2024



Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de datos VIRSS de la NASA en Python y el software QGIS para los mapas

Impactos en las comunidades involucradas

Los proyectos desarrollados junto con 10 comunidades de América Latina generaron impactos tangibles en la mejora de las condiciones energéticas y sociales:

- Reducción de la pobreza energética: En las zonas intervenidas, se registró una disminución promedio del 25 % en los índices de pobreza energética, según datos comparativos del Sustainable Development Index (SDI) antes y después de la intervención educativa.

- Incremento del bienestar comunitario: Se evidenció una mejora del 30 % en los indicadores de bienestar social, relacionados con salud, acceso a servicios energéticos y percepción de calidad de vida, atribuidos a soluciones tecnológicas sostenibles y la reactivación de formas organizativas locales.

- Fortalecimiento de la gobernanza local: Las comunidades desarrollaron capacidades para gestionar sus propios recursos energéticos mediante el uso de herramientas de mapeo colaborativo, análisis de datos abiertos y modelos de microemprendimiento sostenible.

Evaluación cuantitativa de aprendizaje

A través de pruebas diagnósticas y evaluaciones finales, se identificaron mejoras significativas en los aprendizajes:

- Aumento del rendimiento académico: La media de calificaciones mejoró en un 23 %, especialmente en habilidades prácticas como el análisis geoespacial y la programación aplicada.

- Correlación positiva entre participación y resultados: El análisis estadístico (*Pearson*, $r = 0.72$, $p < 0.01$) reveló una alta correlación entre la participación en los retos comunitarios y el desarrollo de soluciones sostenibles innovadoras, validando la eficacia del enfoque basado en resultados.

Evaluación cualitativa: percepciones y experiencias

El análisis temático de entrevistas, grupos focales y bitácoras permitió identificar las siguientes categorías emergentes:

- Empoderamiento estudiantil: Los estudiantes se perciben como agentes de cambio con herramientas para incidir en procesos de transición energética justa.
- Reconocimiento de saberes ancestrales: Se destacó el valor de integrar conocimientos culturales y prácticas tradicionales en los procesos de innovación educativa.
- Cambio de mentalidad docente: Los profesores reconocieron que la incorporación de metodologías ágiles y herramientas tecnológicas emergentes renovó su rol como facilitadores de aprendizajes significativos.

Validación del modelo pedagógico

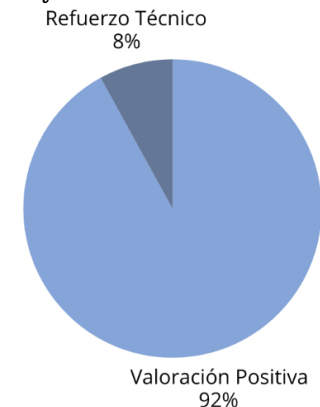
Los resultados confirman la pertinencia y eficacia del modelo pedagógico propuesto:

- Alto nivel de satisfacción: El 94 % de los participantes (estudiantes, docentes y actores comunitarios) evaluaron positivamente el curso, destacando su relevancia, aplicabilidad y enfoque ético.
- Transferibilidad: El modelo fue replicado en contextos educativos de otras dos universidades con resultados similares, evidenciando su adaptabilidad a diversos entornos socio-territoriales.

A continuación, se presentan algunos resultados clave obtenidos del levantamiento de encuestas con una muestra representativa de 100 estudiantes participantes del curso:

Claridad y relevancia de los contenidos del curso

Figura 7. Claridad y Relevancia de los Contenidos del Curso



Fuente: Elaboración propia

- El 92% de los estudiantes valoró positivamente la claridad y relevancia de los contenidos abordados durante el curso.
- Un 8% consideró que sería útil reforzar algunos conceptos técnicos al inicio del curso para una mejor comprensión.

Contribución a la formación profesional

- El 100% de los encuestados coincidió en que los conocimientos adquiridos son útiles y aplicables en sus trayectorias profesionales.
- Este resultado subraya el impacto positivo del curso en la formación continua y la empleabilidad de los participantes.

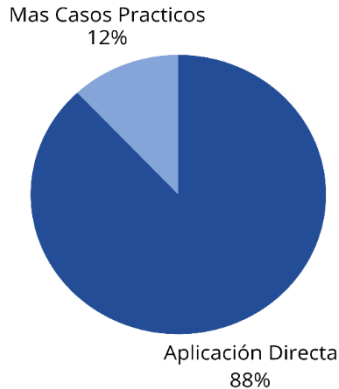
Figura 8. Recta de la contribución a la formación profesional



Fuente: Elaboración propia

Aplicación práctica de los conocimientos

Figura 9. Aplicación práctica de los conocimientos



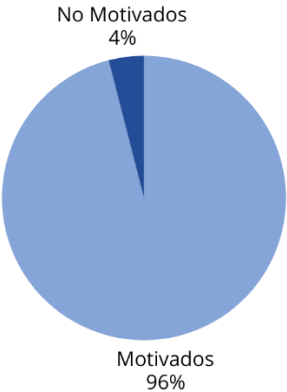
Fuente: Elaboración propia

- El 88% de los estudiantes destacó que los contenidos pueden aplicarse directamente en proyectos o trabajos relacionados con sustentabilidad, eficiencia energética y planificación territorial.
- Un 12% sugirió incluir más casos prácticos o ejemplos situados en el contexto local.

Capacidad del curso para motivar la acción

- El 96% de los participantes reportó sentirse motivado para actuar en favor del cambio ambiental y la eficiencia energética tras la conclusión del curso.
- Este indicador es relevante para medir el componente transformador y ético de la formación.

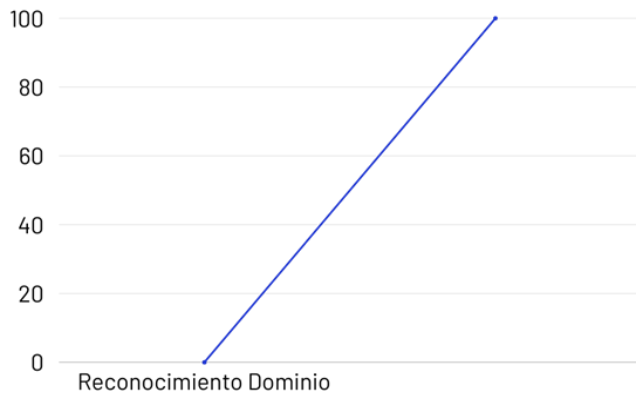
Figura 10. Capacidad del Curso para Motivar la Acción



Fuente: Elaboración propia

Dominio temático de los ponentes

Figura 11. Recta de la percepción concerning al dominio temático de los ponentes



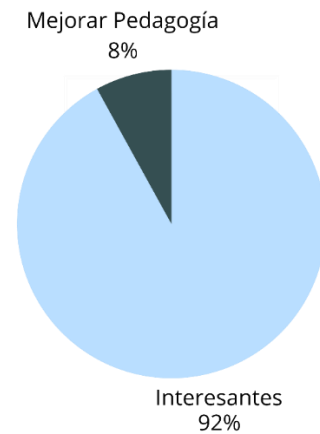
Fuente: Elaboración propia

- El 100% de los encuestados reconoció el alto nivel de preparación y dominio de los temas por parte del profesorado.
- La calidad de los ponentes fue uno de los aspectos mejor valorados del curso.

Interés generado por las sesiones

- El 92% de los estudiantes consideró que las sesiones fueron interesantes y enriquecedoras.
- Un 8% indicó que algunas sesiones podrían dinamizarse con métodos pedagógicos más participativos.

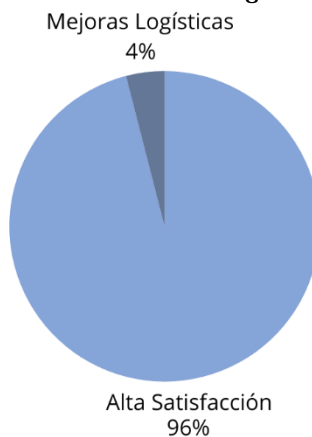
Figura 12. Percepción generada del interés recabado por las sesiones impartidas



Fuente: Elaboración propia

Satisfacción global con el curso

Figura 13. Cuantificación de la satisfacción global con el curso impartido



Fuente: Elaboración propia

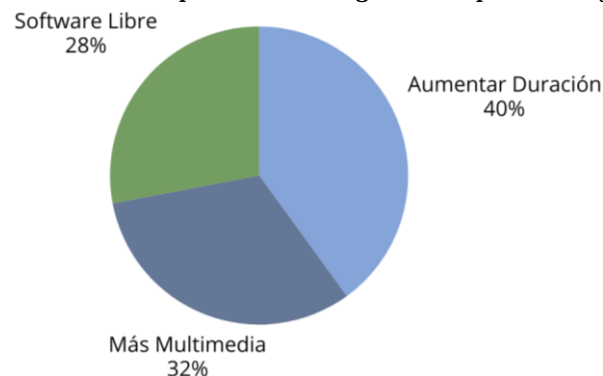
- El 96% manifestó una alta satisfacción general con la experiencia formativa.
- El 4% restante propuso mejorar algunos aspectos logísticos y del entorno virtual de aprendizaje.

Sugerencias para la mejora del curso

- Entre las principales recomendaciones destacan: aumentar la duración del curso (40%), incorporar más recursos multimedia (32%) y profundizar en herramientas de software libre como QGIS (28%).

Los gráficos presentados reflejan una evaluación muy positiva del curso por parte de los participantes. En general, se observa una alta valoración en aspectos clave como la claridad y relevancia del contenido (92%), la aplicación práctica (88%), la motivación de los asistentes (96%) y la satisfacción global (96%). Además, se destaca que el 100% de los encuestados consideró útil el conocimiento adquirido y reconoció el dominio de los ponentes. Aunque los resultados son mayoritariamente favorables, se identifican algunas sugerencias de mejora, como la incorporación de más casos prácticos, elementos multimedia, software libre, así como la necesidad de mejorar aspectos pedagógicos y logísticos. Estas observaciones proporcionan oportunidades valiosas para enriquecer futuras ediciones del curso.

Figura 14. Cuantificación captada de las sugerencias para la mejora del curso



Fuente: Elaboración propia

Impacto en Comunidades

El impacto en comunidades se refleja en mejoras energéticas, sociales y organizativas, con avances en tres dimensiones clave: reducción de la pobreza energética, incremento del bienestar social y fortalecimiento de la gobernanza local. Estos logros derivan de metodologías innovadoras, uso de tecnologías emergentes y participación comunitaria, evidenciando tanto un mejor acceso a la energía como

mayores capacidades de autogestión y sostenibilidad territorial, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Evolución de indicadores de pobreza energética, bienestar social y gobernanza local en comunidades intervenidas

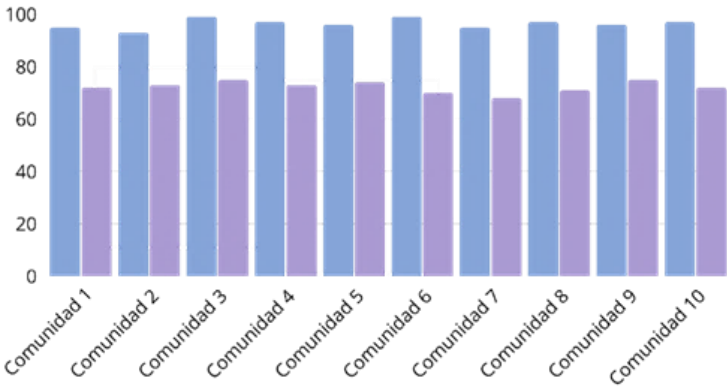
Indicador	Valor Inicial	Valor Posterior	Cambio (%)	No. de Figura
Pobreza energética (SDI)	100%	75%	-25%	Figura 15
Bienestar social (compuesto)	100%	130%	+30%	Figura 16
Gobernanza local (capacidad)	Bajo	Alto	+40%	Figura 17

Fuente: Elaboración Propia

Reducción de la pobreza energética

La reducción de la pobreza energética es uno de los principales logros, con una disminución promedio del 25 % en el Índice de Pobreza Energética (SDI), lo que implica un acceso más equitativo y eficiente a los servicios básicos, como se muestra en la figura 15. Este avance confirma la eficacia de las estrategias aplicadas, basadas en tecnologías sostenibles y soluciones adaptadas al contexto local, representando un paso hacia la justicia energética y el desarrollo humano sostenible.

Figura 15. Reducción de pobreza energética mediante barras comparativas del índice SDI de pobreza energética antes y después de la intervención en cada una de las 10 comunidades



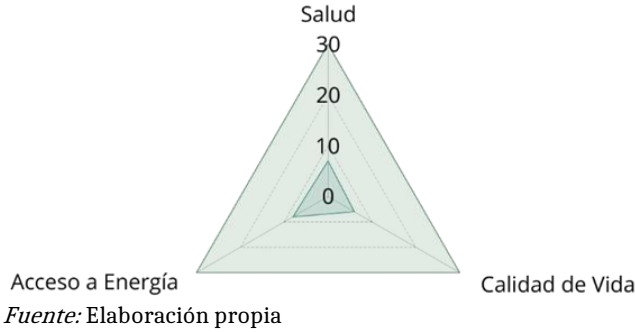
Fuente: Elaboración propia

Incremento porcentual en bienestar social

El incremento del bienestar social, con una mejora del 30 %, refleja avances en salud, acceso a energía y calidad de vida, como se muestra en la figura 16. Este resultado, asociado a soluciones tecnológicas sostenibles y a la organización comunitaria, evidencia efectos positivos tanto en las condiciones materiales como en

la percepción de la población, contribuyendo a comunidades más resilientes e inclusivas.

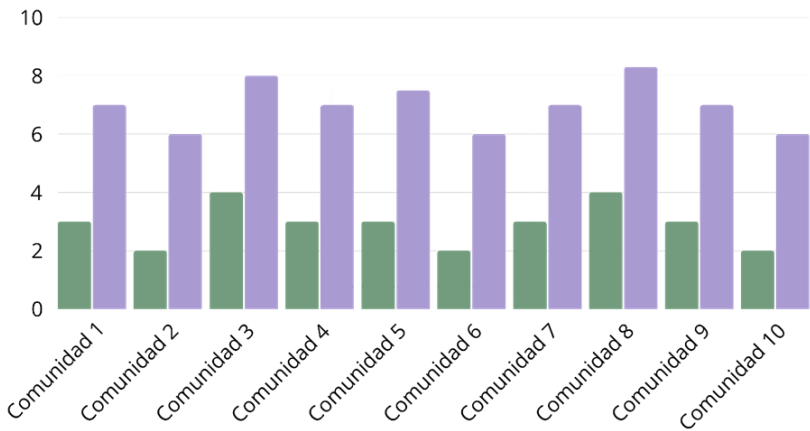
Figura 16. Incremento porcentual en bienestar social mediante radar con los subindicadores: salud, acceso a energía y calidad de vida, mostrando el incremento promedio del 30 %



Fortalecimiento de la gobernanza local

Además, los resultados evidencian un impacto significativo en las comunidades: la pobreza energética se redujo en 25 %, el bienestar social aumentó en 30 % y la gobernanza local se fortaleció en 40 %. Estas mejoras reflejan un mayor acceso a la energía, avances en salud y calidad de vida, así como mayor capacidad de autogestión y emprendimiento sostenible, confirmando la efectividad de la intervención en lo material y organizativo como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Fortalecimiento de la gobernanza local analizado mediante comparativas de la capacidad/autogestión (en escala 0-10) antes y después en las comunidades



Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

Respecto al modelo educativo, es replicable en regiones con condiciones socioeconómicas, culturales y ambientales semejantes, siempre que se respeten principios como el aprendizaje situado, la participación comunitaria y el uso de tecnologías accesibles. Para su adaptación resulta esencial un diagnóstico contextual que identifique necesidades locales y capacidades tecnológicas, además de la formación docente, las alianzas con actores territoriales y la disponibilidad de recursos abiertos. La escalabilidad depende de su flexibilidad metodológica y de un enfoque centrado en las personas. En este marco, los modelos de gobernanza educativa basados en redes colaborativas permiten mantener la esencia participativa, mientras la estandarización de principios como el codiseño o el aprendizaje basado en retos puede coexistir con la adaptación a realidades específicas. La figura de facilitadores territoriales aparece como clave para asegurar la conexión comunitaria y evitar procesos de homogeneización.

La sostenibilidad del modelo contempla la integración de la tecnología desde una perspectiva de justicia digital. Herramientas como la inteligencia artificial o el análisis geoespacial ofrecen gran potencial; su implementación debe orientarse a la apropiación comunitaria mediante el uso autónomo de software libre, la conectividad como derecho y el fortalecimiento institucional. Los resultados del curso piloto “Construcción Ética y Sostenible” validan la eficacia del enfoque al combinar metodologías como OBE, Lean Startup y Strategic Foresight, fortaleciendo competencias técnicas, pensamiento crítico y sensibilidad social. El codiseño de soluciones posiciona a las comunidades como protagonistas, evidenciando mejoras en bienestar social, reducción de pobreza energética y fortalecimiento de la gobernanza local. Además, la correlación significativa entre participación y generación de soluciones innovadoras ($r = 0.72$, $p < 0.01$) refuerza el valor del aprendizaje experiencial como catalizador del compromiso ético y la creatividad aplicada. El alto nivel de satisfacción de los participantes y las sugerencias recogidas constituyen insumos valiosos para perfeccionar y consolidar el carácter transformador del modelo.

CONCLUSIONES

La apropiación comunitaria en contextos de baja participación requiere estrategias progresivas que respeten los ritmos locales y reconozcan los saberes ancestrales. El uso de metodologías activas, como el mapeo participativo o los talleres de escucha, fortalece la confianza y legitima los procesos cuando líderes y actores comunitarios son involucrados desde el inicio. De igual modo, el compromiso estudiantil puede sostenerse mediante redes de aprendizaje continuo, proyectos de seguimiento y espacios de innovación social vinculados con trayectorias académicas

formales. La visibilidad de los logros alcanzados refuerza la identidad de los estudiantes como agentes de cambio, consolidando una educación transformadora que articula la teoría con la acción en territorio.

Si bien las tecnologías emergentes representan un recurso de gran potencial, su implementación en contextos con brechas digitales exige un enfoque híbrido que combine herramientas avanzadas con metodologías inclusivas para garantizar la equidad. Los resultados del curso piloto confirman la efectividad del modelo al promover competencias técnicas, éticas y socioambientales, al tiempo que generan impactos comunitarios tangibles: reducción del 25 % en la pobreza energética y fortalecimiento del 40 % en la gobernanza local. La alta transferibilidad del modelo, junto con las sugerencias de mejora recogidas, valida su pertinencia como estrategia educativa replicable. En síntesis, esta experiencia demuestra que la educación superior puede reconfigurarse para responder a desafíos globales desde perspectivas inclusivas, participativas y tecnológicamente pertinentes, contribuyendo a la construcción de sociedades más justas y sostenibles.

Finalmente, esta experiencia evidencia que es posible reconfigurar la educación superior para responder a los desafíos globales desde una perspectiva local, inclusiva y tecnológicamente pertinente, promoviendo así una transición hacia sociedades más justas, resilientes y sostenibles.

Agradecimientos

Esta publicación es parte de los Proyectos de Investigación Científica y Humanística en Ejes Estratégicos 2025, Programa Presupuestario F003 (PpF003) “Programas Nacionales Estratégicos de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los Sectores Social, Público y Privado” Proyecto PEE-2025-C-6 de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación Secihti.

Contribuciones de los autores: Fabiola Colmenero y Juan Francisco Palomino desarrollaron la metodología junto con la preparación de la conceptualización y curación de datos; Daniel Ruiz, Fabiola Colmenero y Ramiro Rodríguez recopilaron y analizaron los datos. Juan Francisco Palomino Bernal, Fabiola Colmenero y Ramiro Rodríguez realizaron la parte de revisión y edición; Fabiola Colmenero y Juan Francisco Palomino Bernal se encargaron de la adquisición de fondos; Fabiola Colmenero, Daniel Ruiz, Juan Francisco Palomino y Ramiro Rodríguez escribieron el artículo. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

REFERENCIAS

Castro-Quelal, L. R., Herrera-Tapia, E. H., y Castro-Quelal, D. A. (2024). Modelos de Negocios Circulares: Hacia una Economía Sostenible en el Sector Emprendedor. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 122–148. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n1/84>

Colmenero Fonseca, F. (2022). *Experiencias pedagógicas culturales e inclusivas en los sistemas educativos de México (RWYC México)*. Arquitectura y Urbanismo. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376873533003>

Creswell, J. W. y Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage Publications. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Designing+and+conducting+mixed+methods+research+%283rd+ed.%29.+SAGE+Publications.+&btnG=

Futures Platform. (2024). *Strategic Foresight Toolkit for Educators and Innovators*. *Strategic Foresight Toolkit for Educators and Innovators*. <https://www.futuresplatform.com>

Harden, R. M. (2007). Outcome-Based Education: The Future Is Today. *Medical Teacher*, 29(7), 625–629. <https://doi.org/10.1080/01421590701729930>

Microsoft Inc. (2025). *Getting Started*. Visual Studio Code, Getting Started. <https://code.visualstudio.com/docs/getstarted/userinterface>

Niglio Soriente, O. y Schafer, D. P. (2021). *Guía accesible Reconnecting with your culture Un paso a paso, de todos para todos*. EdA. Esempi di Architettura.

Ogunyemi, K. (2016). *Teaching ethics across the management curriculum: a handbook for international faculty*. Business Expert Press. https://scholar.google.com/scholar?cluster=5817792217167887479&hl=es&as_sdt=0,5

Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Crown. <https://books.google.com.mx/books?id=tvfyz-4JILwC>

Shi, Y., Gao, Y., Arthanari, T., y Humdan, E. A. I. (2023). An empirical study of the outcome-driven implementation in small- and medium-sized enterprises. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 38(1), 71–84. <https://doi.org/10.1108/JBIM-06-2021-0305>

Smith, G. A. (2017). Place-Based Education. En *Oxford Research Encyclopedia of Education*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.95>

Spady, W. (1994). *Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers*. American Association of School Administrators. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED380910.pdf>

United Nations. (2025). *The Sustainable Development Goals Report*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2025.pdf>

Valenciano Canet, G. (2025). Interculturalidad crítica y pedagogía decolonial en pro del diálogo, el encuentro entre saberes y el saber vivir. *Wimblu, Revista Estudiantil de Psicología UCR*, 20(2). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rwimblu/article/view/1274/1589>

CAPÍTULO 18

EVALUATING THE PERFORMANCE OF CHATGPT-01 IN CHEMISTRY EDUCATION: A COMPARATIVE ANALYSIS WITH CHATGPT-4 ON UNIVERSITY ENTRANCE EXAMS

ALBERTO FERNÁNDEZ LÓPEZ*, MARGARITA LÓPEZ TORRES*,
JOSÉ MANUEL VILA ABAD**, ANA ISABEL ARES PERNAS*,
& JUAN MANUEL ORTIGUEIRA AMOR**

**Universidade da Coruña; **Universidad de Santiago de Compostela*

INTRODUCTION

Since its release in late 2022, the ChatGPT chatbot has garnered significant attention due to its unusual characteristics, such as its remarkable ability to generate grammatically correct and coherent text, giving the impression of reasoning. However, this “reasoning” cannot be considered genuine, as it is based on its capacity to identify the most probable answer among countless possibilities, thanks to its operating algorithms and the vast amount of data it has been trained on (Yax et al., 2024). GPT belongs to the so-called Large Language Models (LLMs) and was initially designed for language-related tasks. Nevertheless, to the surprise of its creators, it demonstrated capabilities in many other fields as well (Bubeck et al., 2023).

An AI with such characteristics holds immense potential in education (Kasneci et al., 2024), not only in language learning but also in the sciences. Consequently, the educational community quickly sought applications across various disciplines, including Chemistry Education. The earliest articles focused on assessing ChatGPT’s knowledge of chemical theories and models, as well as its ability to solve problems and also on comparing its performance with students (Fergus et al., 2023; Tyson, 2023; Clark, 2023; Talanquer, 2023; Humphry & Fuller, 2023; Watts et al., 2023; Clark & Anderson, 2023; Leon & Vidhani, 2023; Schrier, 2024; Alasadi & Braiz, 2024). It soon became clear that, while its skills were considerable, it also made a notable number of mistakes, and more concerning presented these errors as if they were correct in spite of avoiding answering. These false answers are known as hallucinations (Ziwei et al., 2022; Lee et al., 2024; Ji et al., 2023). Therefore, accuracy, meaning giving the correct answer to a question, is not the only aspect to consider. Since it is evident that as the difficulty of prompts increases, there will come a point where the AI cannot respond. When this point is reached it is also important that ChatGPT should refuse to answer rather than give an incorrect response; this is known as avoidance. High levels of accuracy and avoidance would create “easy operating areas” where the AI could operate without requiring supervision. It would

be expected that “easy operating areas” would be associated with less demanding difficulty levels.

High accuracy also requires AI stability, meaning consistently providing the same answer to an identical question, something in which ChatGPT does not excel.

Accuracy is also influenced by the prompting strategy (Zhou et al., 2024), meaning how the questions are constructed and presented to the robot. To achieve this, various techniques have been developed to enhance the chatbot’s responses (Schrier, 2024; Lee et al., 2024; Tassoli, 2024).

Hernández-Orallo et al. (Zhou et al., 2024) have shown that ChatGPT improves the accuracy of its responses in successive versions and as expected, makes more errors on questions that users perceive as more difficult. However, the authors have not identified “easy operating areas with no error” not even in the simplest tasks. Furthermore, errors increase with the difficulty of the task, but the tendency to avoid answering does not increase accordingly, and the models answer beyond their expertise. This leads the users to over-rely on the AI, at least in the short term. Similarly, studies with university students show that they are aware of ChatGPT’s limitations, but at the same time, they tend to overrate its responses (Young et al., 2024; Ardyansyah et al., 2024).

Despite this significant limitation, educators have rapidly explored practical implementations of the chatbot across multiple domains of chemistry teaching and learning. Reported applications include supporting students in generating and refining topics for inorganic chemistry essays (Rojas, 2021), assisting in the creation of data visualizations (Lear, 2024), and serving as a programming assistant for the development of chemistry-related applications (Hasrod et al., 2024). ChatGPT has also been employed to map global research on virtual reality applications for laboratory instruction (Lopes et al., 2024), to assist instructors in designing experimental activities (Trčková et al., 2024), and to guide students in writing the discussion sections of laboratory reports (Humphry & Fuller, 2023). Instructors have used the tool to compare AI-generated essays with student submissions and to enhance lesson planning (Clark et al., 2024). Additional studies highlight its role in promoting critical thinking through the analysis of chatbot-generated texts (Guo & Lee, 2023; Exintaris et al., 2023), supporting the implementation of Problem-Based Learning (PBL) approaches (Ramos & Condotta, 2024), and facilitating the exploration of the historical evolution of chemical concepts (Jones et al., 2024).

Some examples took advantage of AI’s fallibility, such as providing students with ChatGPT-generated material that they must evaluate, helping them develop critical thinking skills in the process (Guo & Lee, 2023; Exintaris et al., 2023; Ramos & Condotta, 2024; Jones et al., 2024; Pence et al., 2024).

More often, this tendency to hallucinate, the inability to fully trust the information or answers provided by the chatbot, is reported as an obstacle to its broader application (West et al., 2023; Ruff et al., 2024; Ara, 2024; Reddy et al., 2024; Yik & Dood, 2024; Nascimento et al., 2024; Gonçalves et al., 2024).

In this context, a new version of ChatGPT (OpenAI, 2024a), called o1 (OpenAI, 2024b), has recently been released; it is described by the chatbot itself as “ChatGPT o1 is a new AI model series released by OpenAI, designed with a strong focus on advanced reasoning capabilities. Unlike previous models, o1 has been optimized for complex tasks in science, mathematics, and coding, using a “chain-of-thought” process that allows it to break down problems into smaller steps and reason through them more effectively. This makes it particularly powerful for applications that require deep logical thinking, such as competitive programming and scientific research. There are two variants of the o1 series: o1 and o1-mini. The o1 version is designed for tackling high-level problems but comes with limited features and a slower response time due to its intensive reasoning. The mini version, on the other hand, is a faster and more cost-effective option, especially for developers working on coding tasks”.

These capabilities for deep “reasoning” in the scientific field may prove ideal for application in disciplines such as Chemistry Education, provided they can improve accuracy. For this reason, it may be interesting to compare its capabilities with those of the previous version.

In the past, we (Fernández et al., 2024) evaluated ChatGPT-4’s responses to university access exams (Interuniversity Commission of Galicia, 2024) held in Spain between 2020 and 2023. Entrance exams are mandatory for students seeking university admission after completing secondary education (equivalent to the K-12 level). Since these exams have consistent content and format over time and cover most of the senior high school curriculum, we believe they provide a solid foundation for benchmarking the new ChatGPT versions.

Objectives

In this context, the present study aims to examine the educational implications of the latest ChatGPT models in Chemistry learning and assessment. Specifically, the objectives of this work are twofold. First, to evaluate the educational performance of ChatGPT-o1 and o1-mini by comparing their accuracy, stability, and avoidance behavior with that of ChatGPT-4 when responding to real high-school Chemistry examination questions. Second, to explore the educational potential of ChatGPT-o1’s enhanced reasoning capabilities for supporting teaching and assessment practices, identifying whether its improved reliability could enable supervised, low-risk applications in Chemistry Education.

METHOD

The o1 and o1 mini versions of the ChatGPT language model were used throughout this article.

The university access tests for the “autonomous community of Galicia” located in the northwest corner of Spain, from 2020 to 2023 (a total of 8 exams, 128 questions) were prompted to ChatGPT (versions o1 and o1 mini) The exams were translated into English by ChatGPT itself and prompted question by question with no further instructions. It is important to note that the questions were introduced directly through ChatGPT’s chat interface without any additional instructions or context. Therefore, the mistakes made by the chatbot can be considered a worst-case scenario. It is plausible that the AI’s performance could be improved with an appropriate prompting strategy, as has been demonstrated with acid-base questions (Schrier, 2024).

The answers were independently scored by two of the correctors who participated in the assessment of the “real” exams, using the same criteria. However, an exception was made to the grading criteria; as ChatGPT was not designed to work with graphics, when a question asked to sketch a lab assembly (for example, a galvanic cell or titration), only the written description of it was considered. The grade given by each grader to each question was averaged. However, it is important to note that the graders were aware they were evaluating the chatbot, which may introduce bias into the grades.

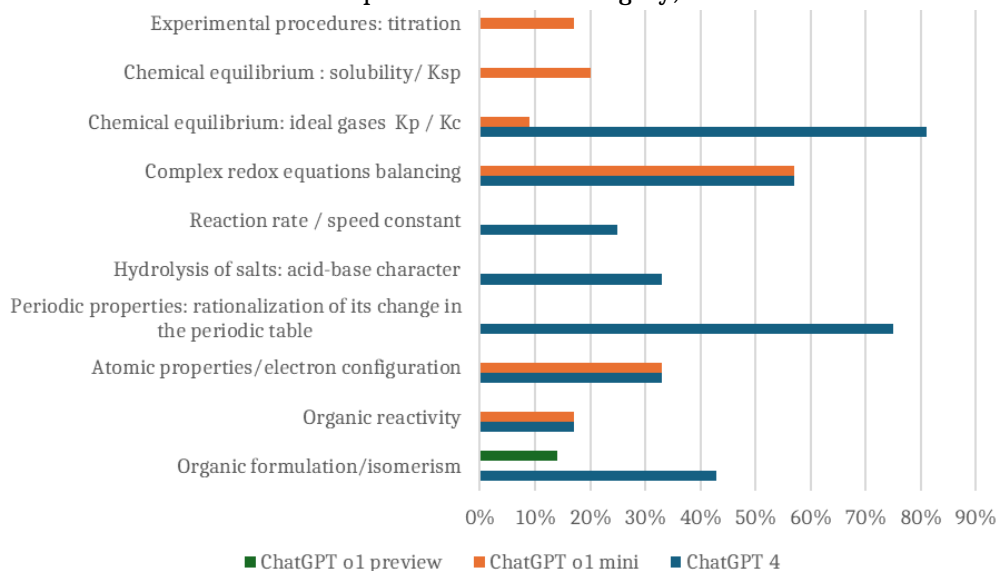
RESULTS AND DISCUSSION

We had previously analyzed the responses of ChatGPT-4 (October 2023) to the same university access exams (Fernández et al., 2024). We found that the chatbot made mistakes, resulting in either a complete or partial reduction in grading, in 22 out of the 128 responses, 19% of the total. The new version o1 mini returned 11 erroneous answers (8.6%) whilst the o1 version made only 1 mistake (0,7 %).

A classification of the questions was performed to identify the concepts where ChatGPT is more likely to make mistakes, as shown in Figure 1. The graph displays the percentage of mistakes made by each of the three versions, relative to the total number of responses in each category.

As shown, accuracy increased compared to version 4. For example, none of the o1 versions made mistakes in concepts like kinetics, the rationalization of periodic properties, or salt hydrolysis. Even in topics related to chemical equilibrium, the only errors made by the o1 mini version were due to simple mathematical operations rather than the reasoning behind the responses.

Figure 1. Conceptual classification of the questions in which ChatGPT made mistakes (percentage of mistakes compared to the total number of questions in each category)



It is particularly noteworthy that the o1 version made only one mistake out of 128 questions. To the question: Write the semi-developed formulas of the following compounds, name their functional group, and justify if any of them present optical isomerism: 3-pentenoic acid, 2-hydroxypropanal, methyl ethanoate and propyne. ChatGPT returned the answer: 3-Pentenoic Acid, Semi-developed Formula: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH-COOH}$. The remaining formulas, assignment of functional groups, and isomerism were correct. To gauge the stability of the AI, the same question was prompted again 19 times, giving the same mistake in two additional answers, and no new errors appeared. The mistake stemmed from the incorrect positioning of the carboxylic group “at the end of the chain” according to ChatGPT.

There were some inconsistencies in the chatbot answers that did not affect the grading. For example, a chemical equation where the products appeared dissociated into their ions, but not the reactants, or an unexpected result in an addition reaction to a double bond, which was probably due to the ambiguous wording of the question.

If we compare the results of the three versions in terms of the score achieved, we see that version 4 obtained 89.3% of the maximum possible score, compared to 96.6% for o1 mini and a remarkable 99.9% for ChatGPT o1.

In previous articles in this journal, Clark et al. (2023) found that ChatGPT in its version 3.5 performed very poorly in solving acid-base problems, clearly below the level of students. Later, Schrier (2024) tested two of Clark’s problems, where ChatGPT

3.5 had the worst results, with version 4.0. QUESTION 1: Calculate the pH of 0.25 M NH_4Cl . K_b for $\text{NH}_3 = 1.8 \times 10^{-5}$; QUESTION 2: If 25.0 mL of 0.25 M HNO_3 is combined with 15.0 mL of 0.25M CH_3NH_2 , what is the pH? K_b for $\text{CH}_3\text{NH}_2 = 4.38 \times 10^{-4}$.

Results showed a notable improvement as GPT-4 returned 60% (12 answers correct out of 20) of correct answers compared to 10% of correct responses for the 3.5 version and 32% for chemistry students. Schrier reported a 75% (15 answers correct out of 20) correctness for answers to question 2, compared to the 0% and 18% reported by Clark et al. for GPT-3.5 and the students, respectively. Furthermore, Schrier demonstrated that GPT-4 generated 100% correct results with a good prompting strategy. This sensitivity to prompt design is one of the criticisms of the early LLM models, but it still significantly affected ChatGPT-4 (Fergus, 2023).

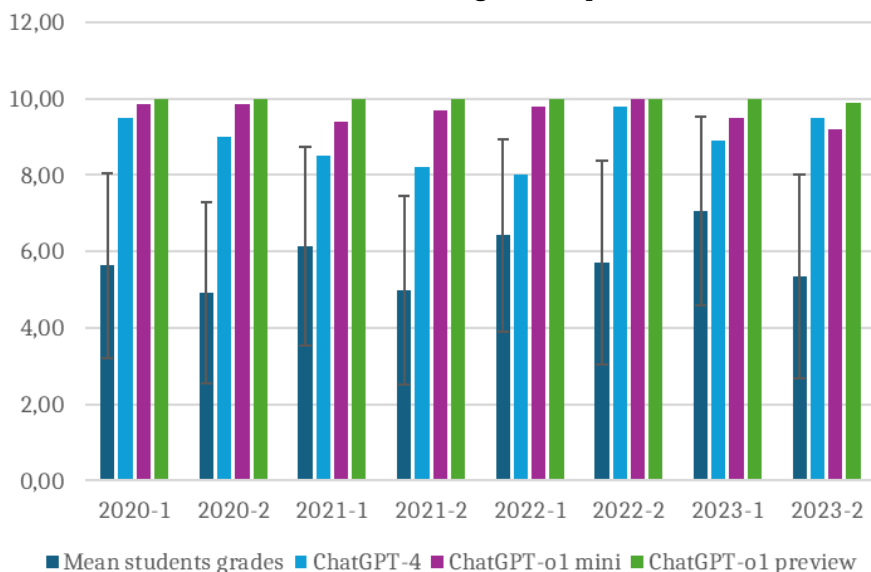
To determine whether version o1 showed improvement in this area, we prompted the two questions directly, without additional instructions, 20 consecutive times in 20 newly initiated chats. This would also allow us to check the model's stability and the existence of error-free zones. ChatGPT o1 answered the two questions correctly all 20 times. This indicated an improvement compared to version 4 and similar results to the prompt-enhanced version. Results also suggested greater stability in the new model. Additionally, the fact that the responses were always correct suggests that error-free zones might exist in the chatbot's answers or be close to achieving them.

We observed that the responses from the new versions, particularly ChatGPT-o1, provided detailed, step-by-step descriptions of the reasoning process used to solve the given problem, following the chain-of-thought prompting strategy. Additionally, they consistently included a summary at the end of each response. To some extent, it seems that the chatbot itself is autonomously adhering to recommendations, such as those proposed by Schrier (2024) regarding what constitutes a well-crafted prompt (Lee et al., 2024; Tassoli, 2024). Furthermore, the chatbot frequently verifies its own results for inconsistencies, a practice also recommended for constructing effective prompts.

In no case did ChatGPT-o1 refuse to respond, as we observed for version 4 previously, confirming the low avoidance rate observed in the most advanced LLM models (Zhou et al., 2024).

To compare the responses of ChatGPT-4 with those of real students, the mean grades attained by the students in the university access exams (a total of 18648 students took the exam over this period) were compared with those assigned to the chatbot by the evaluators (the average of both evaluators). As can be seen in the graph (Figure 2), the AI outperformed the students by a considerable margin (the mean value of the students' grades was 5.77 points compared to 8.93, 9.66, and 9.99 points, attained by ChatGPT versions 4.0, o1 mini, and o1, respectively).

Figure 2. Comparison of mean student grades vs GPT 4.0, o1 mini, and o1 grades in the university access tests from 2020 to 2023 (maximum attainable grade 10 points)



Therefore, the o1 version demonstrated significantly superior performance, albeit at the cost of much longer computation times. Using ChatGPT's estimation of the time spent "reasoning" each answer, the o1 mini version took 617 seconds to solve the 128 exam questions, while the o1 version took 1,619 seconds.

This high usage of computing resources can also pose an environmental issue due to the high energy and water consumption required for the operation of this technology (Crawford, 2024).

The conclusions of this study are limited to the specific types of questions prompted. Also, the chatbot's low error rate makes it difficult to draw statistically significant conclusions without massively increasing the number of prompted questions.

CONCLUSIONS

The two versions of ChatGPT, o1 mini and o1, made a lower number of errors when responding to questions related to senior secondary education (K-12 level). Notably, o1 obtained an almost perfect score, with only one error in 128 questions. Additionally, ChatGPT-o1 demonstrates remarkable stability, consistently providing the same response to two questions promoted 20 times. Neither version refused to answer any of the questions, suggesting a low avoidance ratio. The mistake made by the most advanced o1 version is a basic formulation issue, which indicates there is no

“easy operating areas with no error” where users could rely on the AI without supervision. Nevertheless, such a “safety zone” might be close, given the considerable improvement over previous versions. Paradoxically, this low level of failed responses could also lead to overconfidence in the chatbot.

Acknowledgments

We would like to thank Xurxo Castro for his invaluable assistance in understanding the way ChatGPT “thinks”.

REFERENCES

- Alasadi, A. & Braiz, C. R. (2024). Multimodal generative artificial intelligence tackles visual problems in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 101(7), 2716–2729. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00138>
- Araújo, J. L. & Saúde, I. (2024). Can ChatGPT enhance chemistry laboratory teaching? Using prompt engineering to enable AI in generating laboratory activities. *Journal of Chemical Education*, 101(5), 1858–1864. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00745>
- Ardyansyah, A., Yuwono, A. B., Rahayu, S., Alsulami, N. M., & Sulistina, O. (2024). Students’ perspectives on the application of a generative pre-trained transformer (GPT) in chemistry learning: A case study in Indonesia. *Journal of Chemical Education*, 101(9), 3666–3675. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00220>
- Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., Lee, P., Lee, Y. T., Li, Y., Lundberg, S., Nori, H., Palangi, H., Tulio-Ribeiro, M., & Zhang, Y. (2023). *Sparks of artificial general intelligence: Early experiments with GPT-4*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712>
- Clark, M. J., Reynders, M., & Holme, T. (2024). Students’ experience of a ChatGPT enabled final exam in a non-majors chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 101(5), 1983–1991. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00161>
- Clark, T. M. (2023). Investigating the use of an artificial intelligence chatbot with general chemistry exam questions. *Journal of Chemical Education*, 100(5), 1905–1916. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00027>
- Clark, T. M., Anderson, E., Dickson-Karn, N. M., Soltanirad, C., & Tafini, N. (2023). Comparing the performance of college chemistry students with ChatGPT for calculations involving acids and bases. *Journal of Chemical Education*, 100(10), 3934–3944. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00500>
- Clark, T. M., Fhaner, M., Stoltzfus, M., & Queen, M. S. (2024). Using ChatGPT to support lesson planning for the historical experiments of Thomson, Millikan, and Rutherford. *Journal of Chemical Education*, 101(5), 1992–1999. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00200>
- Crawford, K. (2024). Generative AI’s environmental costs are soaring — and mostly secret. *Nature*, 626, 693. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00478-x>

- Exintaris, B., Karunaratne, N., & Yuriev, E. (2023). Metacognition and critical thinking: Using ChatGPT-generated responses as prompts for critique in a problem-solving workshop (SMARTCHEMPer). *Journal of Chemical Education*, 100(8), 2972–2980. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00481>
- Fergus, S., Botha, M., & Ostovar, M. (2023). Evaluating academic answers generated using ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1672–1675. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00087>
- Fernández, A., López-Torres, M., Fernández, J. J., & Vázquez-García, D. (2024). ChatGPT as an instructor's assistant for generating and scoring exams. *Journal of Chemical Education*, 101(9), 3780–3788. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00231>
- Gonçalves Costa, G., Nascimento Júnior, W. J. D., Mombelli, M. N., & Giroto Júnior, G. (2024). Revisiting a teaching sequence on the topic of electrolysis: A comparative study with the use of artificial intelligence. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3255–3263. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00247>
- Guo, Y. & Lee, D. (2023). Leveraging ChatGPT for enhancing critical thinking skills. *Journal of Chemical Education*, 100(12), 4876–4883. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00505>
- Hasrod, T., Nuapia, Y. B., & Tutu, H. (2024). ChatGPT helped me build a chemistry app, and here's how you can make one also. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 653–660. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01170>
- Humphry, T. & Fuller, A. L. (2023). Potential ChatGPT use in undergraduate chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1434–1436. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00006>
- Interuniversity Commission of Galicia. (2024). *Past university access exams*. <https://ciug.gal/gal/pau/exames>
- Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), 1–38. <https://doi.org/10.1145/3571730>
- Jones, R. M., Rudler, E., & Preton, C. (2024). Exploring the concept of valence and the nature of science via generative artificial intelligence and general chemistry textbooks. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3276–3283. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00271>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2024). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Lear, B. J. (2024). Using ChatGPT-4 to teach the design of data visualizations. *Journal of Chemical Education*, 101(7), 2749–2756. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00228>
- Lee, G., Latif, E., Wu, X., Liu, N., & Zhai, X. (2024). Applying large language models and chain-of-thought for automatic scoring. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100213. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100213>
- Leon, A. J. & Vidhani, D. (2023). ChatGPT needs a chemistry tutor too. *Journal of Chemical Education*, 100(10), 3859–3865. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00288>

Lopes, R. M., Braga, L. A. M., Serrão, A. S. R., Teixeira, L. A., Comarú, M. W., Souza, R. A., de Souza, C. A. M., & Mota, F. B. (2024). Virtual reality to teach students in laboratories: A bibliometric and network analysis. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 501–513. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00925>

Nascimento Júnior, W. J. D., Morais, C., & Girotto Júnior, G. (2024). Enhancing AI responses in chemistry: Integrating text generation, image creation, and image interpretation through different levels of prompts. *Journal of Chemical Education*, 101(9), 3767–3779. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00230>

OpenAI. (2024). *Learning to reason with LLMs*. <https://openai.com/index/learning-to-reason-with-llms/>

OpenAI. (2024a). *ChatGPT* [Large language model]. <https://chat.openai.com/chat>

Pence, H. E., Hightower, G., Forlenza, J., Leonard, K., McLellan, A., Suero, A., Amoah, B., Mbow, M., Borner, S., Castillo, A., & Pence, L. E. (2024). Using generative AI systems for critical thinking engagement in an advanced chemistry course: A case study. *Journal of Chemical Education*, 101(9), 3789–3794. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00242>

Ramos, B. & Condotta, R. (2024). Enhancing learning and collaboration in a unit operations course: Using AI as a catalyst to create engaging problem-based learning scenarios. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3246–3254. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00244>

Reddy, M. R., Walter, N. G., & Sevryugina, Y. V. (2024). Implementation and evaluation of a ChatGPT-assisted special topics writing assignment in biochemistry. *Journal of Chemical Education*, 101(7), 2740–2748. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00226>

Rojas, A. J. (2021). An investigation into ChatGPT's application for a scientific writing assignment. *Journal of Chemical Education*, 101(5), 1959–1965. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00034>

Ruff, E., Franz, J. L., & West, J. K. (2024). Using ChatGPT for method development and green chemistry education in upper-level laboratory courses. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3224–3232. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00193>

Schrier, J. (2024). Comment on “Comparing the performance of college chemistry students with ChatGPT for calculations involving acids and bases”. *Journal of Chemical Education*, 101(5), 1782–1784. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00058>

Talanquer, V. (2023). Interview with the chatbot: How does it reason? *Journal of Chemical Education*, 100(8), 2821–2824. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00472>

Tassoti, S. (2024). Assessment of students use of generative artificial intelligence: Prompting strategies and prompt engineering in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 101(6), 2475–2482. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00212>

Trčková, K., Maršálek, R., Žáček, M., & Teplá, M. (2024). Why do fishes die? Lab assignment created using ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3171–3178. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00130>

Tyson, J. (2023). Shortcomings of ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 3098–3101. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00361>

Watts, F. M., Dood, A. J., Shultz, G. V., & Rodríguez, J. G. (2023). Comparing student and generative artificial intelligence chatbot responses to organic chemistry writing-to-learn assignments. *Journal of Chemical Education*, 100(10), 3806–3817. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00664>

West, J. K., Franz, J. L., Hein, S. M., Leverentz-Culp, H. R., Mauser, J. F., Ruff, E. F., & Zemke, J. M. (2023). An analysis of AI-generated laboratory reports across the chemistry curriculum and student perceptions of ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, 100(11), 4351–4359. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00581>

Yax, N., Anlló, H., & Palminteri, S. (2024). Studying and improving reasoning in humans and machines. *Communications Psychology*, 2(5). <https://doi.org/10.1038/s44271-024-00091-8>

Yik, B. J. & Dood, A. J. (2024). ChatGPT convincingly explains organic chemistry reaction mechanisms slightly inaccurately with high levels of explanation sophistication. *Journal of Chemical Education*, 100(5), 1836–1846. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00235>

Young, J. D., Dawood, L., & Lewis, S. (2024). Chemistry students' artificial intelligence literacy through their critical reflections of chatbot responses. *Journal of Chemical Education*, 101(6), 2466–2474. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00154>

Zhou, L., Schellaert, W., Martínez-Plumed, F., Moros-Daval, Y., Ferri, C., & Hernández-Orallo, J. (2024). Larger and more instructable language models become less reliable. *Nature*, 634, 61–68. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07930-y>

CAPÍTULO 19

DESIGN AND VALIDATION OF A CONTEXTUAL COMFORT INDEX FOR ARCHITECTURE STUDIO-BASED COURSES

CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ, GASTÓN SANGLIER CONTRERAS,
CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ, JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA,
ANTONIO MADRID LÓPEZ, Y YOLANDA BLANCO ARCHILLA
Universidad CEU San Pablo

INTRODUCTION

It is widely spread that teachers are the main root of student performance in classes. However, the physical context that surrounds us while we study is of paramount importance. We study in classrooms, indoor architecture design that shapes our mood, our fatigue or even how we feel. Temperature, humidity and noise shape how long and how efficient students sustain attention, how quickly fatigue appears and how much functional performance they achieve during class hours. In studio-based architecture courses these effects matter even more, long 4-hour sessions that involve high stress, high fatigue, high concentration, collaboration and a high variety of labor, from graphics to images, trying to iterate between precision and creativity.

Theoretical framework

Recent studies have proven the influence of environmental and contextual variables on learning processes. Theories of learning ecologies describe education as a dynamic system where physical, cognitive, and social factors interact (Barron, 2006). Within these ecologies, the built environment becomes a mediator of attention, collaboration and attention. Architecture and environmental psychology research show that classroom acoustics, lighting and thermal conditions have measurable effects on concentration and cognitive fatigue (Barrett et al., 2015), with daylight and window effects on performance also documented in classroom studies (Heschong Mahone Group, 2002), and consistent with thermal-performance links reported in university students (Lan et al., 2014). The concept of educational ergonomics reinforces the idea that spatial design and environmental quality must support the learner's physical and mental effort (Klatte et al., 2013). This theoretical framework locates our Contextual Comfort Index (CCI) within the broader perspective of learning ecologies, as a quantitative method to link contextual conditions with human performance.

Many institutions do not consider that combining these context metrics with actual student performance can enhance and optimize the overall university performance, physical context is only a matter of background. That leaves us with reactive decision taking, and misaligned data. We propose a Contextual Comfort Index (CCI) that integrates and combines environmental and student perceptions with actual student performance. This index is not a black hole, where every data type is introduced, our objective is to see which variables affect most on student performance. It is a weighted sum of different variables designed for action. It should help a teacher make simple decisions, when to ventilate, when to reconfigure seating, when to ask for a short break. It could also help the teacher understand where the students are lacking skill or knowledge and how to organize or adapt to future teaching classes by taking this index as reference, as different classes need adjustments on pace instruction.

This chapter presents the design and methodology behind the CCI and the protocol we follow to validate it. We work with 2-year Architecture students enrolled in a double degree with Interior Design at Universidad Ceu San Pablo, Madrid. The duration of each session is 4 hours, with standard layout in rows. Tasks in these sessions are digital using digital software such as Photoshop, Illustrator or IA tools such as Midjourney or ChatGPT. We collected three sessions to begin with, and we will continue across the academic year.

Our contribution to this chapter is mainly methodological. We set the scope for an index that any professor or teaching team could adopt to improve not only their performance but also the students one. We describe how we normalize variables, assign weights, align time series and link the index to attention, fatigue and performance measures. Up to this point, we have the tools to analyze the context, but we do not have the tools to align them with academic performance. However, throughout this year we will have the tool and will be able to align all the data.

This chapter presents the design and methodology behind the CCI and the protocol we follow to validate it. We set the scope for an index that any professor or teaching team could adopt to improve not only their performance but also the students one. We describe how we normalize variables, assign weights, align time series and link the index to attention, fatigue, motivation and academic performance measures. Up to this point, we have the tools to analyze the context, but we do not have the tools to align them with academic performance yet. However, throughout this year we will have the tool and will be able to align all the data.

Objectives

Our main objective is to determine the variables involved and execute a first approximation of how this comfort index should be delivered.

Define a contextual index for studio-based teaching that integrates environmental variables and student perceptions into a single 0–100 score designed for classroom decisions.

Specify normalization functions and initial weights for temperature, humidity, noise, and perceived comfort variables, with a clear path to recalibrate weights as new data arrive.

Establish a time-synchronization and data-processing protocol that aligns environmental logs, surveys, observational data, and task blocks at one-minute resolution.

Describe reliability and validity checks for the index, including internal consistency of perception scales, association with attention and fatigue, and sensitivity to changes in conditions.

Provide a replicable measurement setup with a wall-mounted sound level meter and an indoor–outdoor weather station, fit for standard row layouts and digital studio tasks.

METHOD

Setting and participants

We work with second-year architecture students involved in a second degree in Interior Design consisting of 22 students on four-hour sessions. The classroom table layout is the standard, in rows. During the session students are meant to produce floor plans, cross-sections and other architectural documentation combining Photoshop, Illustrator and AI tools such as Midjourney, commonly used to create images, and ChatGPT or Gemini, to create prompts for Midjourney. The teaching style consists of practical exercises which are carried along by the professor, one exercise per class. These dynamics are important because they affect noise patterns and the cognitive profile of the class.

Design

We use a mixed within-subject with repeated and continuous measures. Each student experiences the same space and tasks under naturally varying conditions. We collect environmental variables continuously and administer short perception surveys at the end of each session. We complement these measures with simple observational indicators of time on task and production counts supervised by the professor. We compiled data from three sessions up to this moment, but the data measurements will extend across the whole academic year.

Instrumentation

Noise: We install a wall-mounted sound level meter SLM-413 with a measurement range of 30–130 dB. We set the meter at approximately 90cms height (on top of a table). Proper calibration cannot be done up to this moment; we hope that along the course we will be able to.

Figure 1. SLM-413 sound level meter used for the measurement recording



Temperature and humidity: We deploy an indoor-outdoor weather station to register indoor temperature and relative humidity and to track outdoor reference conditions. CO2 levels are not included yet since the instrument does not measure it, but we are looking forward to integrating it soon.

Figure 2. Netatmo weather station, used for measurement recordings



Perception surveys: At the end of every session, a short Likert-scale questionnaire is administered. Each question is rated from 1 to 7 and covers sustained attention, cognitive fatigue, motivation, thermal quality and noise annoyance. For this chapter we use items as observed variables, compute internal consistency for concept bundles when sample size allows, and include them as perception component in the comfort index.

Observational and performance indicators: We sample time on task recorded by the professor on an excel spread sheet. We evaluate how much of the exercise could be done at the end of the class.

Table 1. Task completion data table

Exercise	Date	% Completion
Exercise 1	05/09/2025	55%
Exercise 1	12/09/2025	100%
Exercise 2	12/09/2025	85%
Exercise 2	19/09/2025	100%
Exercise 3	19/09/2025	90%

Index design

Construct: The Contextual Comfort Index (CCI) score goes from 0-100. Higher values indicate better environmental comfort for sustained attention in long hours studio work. The score is the weighted sum of normalized components. We collect temperature, humidity, noise and a perception bundle.

Variables and normalization: For each variable we set a 0-1 target, so that 1 represents the most favorable state for attention and 0 the least.

Temperature T (°C). Target band equals 1 from 20 to 24 inclusive. It declines linearly to 0 at 18 and at 27.

$$fT(T) = 1 \text{ for } 20 \leq T \leq 24$$

$$fT(T) = (T - 18) / 2 \text{ for } 18 \leq T < 20$$

$$fT(T) = (27 - T) / 3 \text{ for } 24 < T \leq 27$$

$$fT(T) = 0 \text{ for } T < 18 \text{ or } T > 27$$

Relative humidity H (%). Target band equals 1 from 40 to 60 inclusive. It declines linearly to 0 at 30 and at 70.

$$fH(H) = 1 \text{ for } 40 \leq H \leq 60$$

$$fH(H) = (H - 30) / 10 \text{ for } 30 \leq H < 40$$

$$fH(H) = (70 - H) / 10 \text{ for } 60 < H \leq 70$$

$$fH(H) = 0 \text{ otherwise}$$

Noise N (dB). Favorable region for studio work with speech from 45 to 55. We keep 1 between 45 and 50 inclusive. From above 50 to 55 inclusive it decreases to 0.5, and from above 55 to 65 inclusive it decreases to 0. At or above 65 the value is 0. Below 45 we apply a gentle penalty clipped to $[0, 1]$.

$$fN(N) = 1 \text{ for } 45 \leq N \leq 50$$

$$fN(N) = 1 - 0.1 \times (N - 50) \text{ for } 50 < N \leq 55$$

$$fN(N) = 0.5 - 0.05 \times (N - 55) \text{ for } 55 < N \leq 65$$

$$fN(N) = 0 \text{ for } N \geq 65$$

$$fN(N) = 1 - 0.02 \times (45 - N), \text{ clipped to } [0, 1], \text{ for } N < 45$$

Perception bundle P : We collect data related to how the students feel during the class. The questions can be answered in a range from 0 to 5. We sum them up and calculate the mean. A 5 would be a 1 and a 0, a 0 in our index.

Table 2. Short-likert test example. Mean of 11 surveys

Question	05/09/2025
It is easy for me to stay focused during class.	3,00
I get distracted easily while the teacher is explaining.	2,45
I can follow the class explanation without losing track.	2,64
I feel that my mind gets tired quickly during class.	2,45
It is difficult to maintain mental clarity as the session progresses.	2,82
By the end of the class, I noticed significant mental effort.	2,45
I feel motivated and energetic during the class.	2,55
I am satisfied with my level of participation in the session.	2,91
During class, I am in a positive mood.	3,09

Weights: Initial given weights reflect the main criteria. On the one hand, the likelihood of impact on students' attention and, on the other hand, the reliability and availability of the measures. We set noise at 45%, Temperature 30%, humidity 10% and the perception bundle to 15%. The perception bundle layer remains capped to keep the index anchored to physical conditions.

Computation:

At minute m the index is

$$CCI(m) = 100 \times [0.3 fT(T_m) + 0.10 fH(H_m) + 0.45 fN(N_m) + 0.15 fP(m)]$$

Table 3. Example of data recollection and normalized computation

Location	Date	Hour	Climate	Temp.int	Humidity int.	Noise	Perception	CCI
Data	05/09/2025	10:21:00	Sunny	25	38%	59,6	2,71	-
Normalised	06/09/2025	10:21:00	Sunny	0,98	0,98	0,96	0,61	91,95

Reliability and validity plan

Convergent validity: We test whether higher CCI correlates with better attention scores and lower fatigue. We expect moderate correlations because perception bundle is partly included.

Sensitivity to change: We consider whether simple actions such as opening the window for ventilation, taking a short break affect the index as it calculated right now.

Test-retest profile: As we accumulate sessions, we examine the stability of components and the distribution of the CCI under similar conditions. This helps separating signals from seasonal drift.

Weight recalibration: Weights are initial and transparent. As data grows, we will revisit weight calibration using two strategies. On the one hand, optimizing the correlation between the CCI and attention, fatigue and motivation. On the other hand, consistency in data.

Data management: We prepare a simple Excel template that reads the CSV files, applies the normalization functions, computes the CCI by minute and by block, and

produces three plots per session: Noise over time, temperature and humidity over time, and CCI over time with block shading.

Limitations of the current wave: We do not include CO₂, which is important for cognitive effects and ventilation decisions. Time-on-task measures are coarse because we are still building a more granular logging system.

Planned extensions: We will extend data collection through the semester and incorporate a portable CO₂ sensor once available. We will add brief block-start surveys to capture within-session variation. We will test a minimal intervention set triggered by simple flags and report effect sizes on attention and fatigue. We will also document how the index behaves in other studio types, for example analog sketch sessions versus heavy digital production.

RESULTS

We collected environmental and perception data during three sessions (September 5, 19 and 26). Each session lasted four hours and included 26 students approximately. Indoor temperature ranged between 25°C and 27°C (mean=26°C), and relative humidity varied from 37% to 47%. Both remained in comfort ranges.

Table 4. Time stamps examples of measurements

Ubicación	Fecha	Hora	Clima	Temp.ext	Temp.int	Humedad relat.	Humedad int.	Ruido (dB)
CEU	05/09/2025	9:21:00	Sunny	24	25	45%	38%	59,6
CEU	05/09/2025	10:21:00	Sunny	24	25	45%	45%	62,2
CEU	05/09/2025	11:21:00	Sunny	24	26	45%	47%	61,7
CEU	05/09/2025	12:21:00	Sunny	24	26	45%	47%	58,3
CEU	05/09/2025	13:21:00	Sunny	24	27	45%	45%	69,8
CEU	12/09/2025	9:36:00	Part. Sunny	23	25	42%	41%	60,5
CEU	12/09/2025	10:36:00	Part. Sunny	23	25	42%	41%	58,5
CEU	12/09/2025	11:36:00	Part. Sunny	23	26	42%	38%	57,6
CEU	12/09/2025	12:36:00	Part. Sunny	23	25	42%	41%	62,5
CEU	12/09/2025	13:36:00	Part. Sunny	23	26	42%	37%	71,2
CEU	19/09/2025	9:26:00	Sunny	28	26	38%	35%	60,4
CEU	19/09/2025	10:17:00	Sunny	28	25	38%	42%	57,7
CEU	19/09/2025	11:04:00	Sunny	28	25	38%	43%	69,3
CEU	19/09/2025	11:25:00	Sunny	28	25	38%	43%	53,4
CEU	19/09/2025	13:16:00	Sunny	28	27	38%	41%	73,3

Noise levels fluctuated between 53 dB and 73 dB, with an average LAeq of 62 dB. One third of the readings exceeded 65 dB, and several surpassed 70 dB (maximum = 73 dB). These values are above the acoustic thresholds usually associated with sustained concentration in learning environments.

Perception surveys revealed moderate attention levels (mean= 2,8 on a 0-5 scale) and elevated cognitive fatigue (mean= 1,8 on a 0-5 scale). Students rated motivation as stable (mean = 2,55), thermal comfort as acceptable (mean = 2,55), and air quality as good (mean = 2,58). Noise annoyance scored highest among discomfort variables

(mean = 0,55). This suggests that noise was the main variable affecting attention, while temperature and humidity remained within acceptable comfort ranges, consistent with previous findings indicating that background noise above 65–70 dB is associated with reduced task focus and cognitive performance (Shield & Dockrell, 2008; Szalma & Hancock, 2011).

DISCUSSION/CONCLUSIONS

The Contextual Comfort Index (CCI) provides a structured and simple way of a deeper understanding about ecological pedagogical guidelines. Instead of subjective reactions and decision-making, educators can monitor how their students are performing specifically in the physical context the class is. Research on evidence-based teaching supports this approach: instructors who receive contextual feedback about sound, temperature, or air quality tend to adopt adaptative behaviors such as brief pauses, seat arrangements or quieter activities that improve engagement. (Barrett et al., 2015; Szalma & Hancock, 2011).

In long hour studio-based sessions, the CCI becomes a pedagogical tool rather than a purely environmental metric. It helps identify when cognitive load approaches saturation and when students could benefit from micro breaks or activity shifts. The key is the combination between physical data and behavioral observation. Similar strategies have been linked to better academic persistence and reduce mental fatigue in higher education settings (Biggs & Tang, 2011).

This first approximation of the Contextual Comfort Index demonstrates that environmental monitoring can inform pedagogical decision-making. Noise is the variable that most impact has on students' attention, it determines whether students maintain or lose sustained attention. Teachers can use the CCI to anticipate declines in concentration, introduce recovery breaks or reorganize activities when the index falls below threshold.

This approximation shows that environmental data is actionable educational data. Instead of treating the classroom as a static container, it recognizes it as a dynamic component that has effect on students' overall performance.

In summary, the classroom acts as an active component of learning. When noise remains controlled and thermal comfort stable, students sustain attention longer and report lower fatigue. Extending this data collection through the academic course will allow statistical validation of the CCI.

We would like to express our gratitude to the reseach team at Universidad Ceu San Pablo for their constant support throughout this study and for making possible a collaborative environment where ideas can be tested, refined and shared. Special thanks to our colleagues from the Architecture School and department of Design for the participation in the pilot sessions and their valuable feedback. We also

acknowledge the institutional support of Ceu University for granting access to classroom spaces and allowing the use of measurement equipment, including the SLM-413 sound level meter and the Netatmo weather station. Their openness to integrating scientific research into everyday teaching practice made this project possible. Finally, we thank students who took part in the observations and surveys with responsibility and enthusiasm. Their engagement provided empirical foundations that connects this research with the real dynamics of studio-based learning.

REFERENCES

- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 104, 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- Barron, B. (2006). Learning ecologies for technological fluency: Gender and experience differences. *Journal of Educational Computing Research*, 36(1), 1–31. 10.2190/1N20-VV12-4RB5-33VA
- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Heschong Mahone Group. (2002). *Windows and classrooms: A study of student performance and the indoor environment*. California Energy Commission.
- Klatte, M., Bergström, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology*, 8, 1063. 10.3389/fpsyg.2013.00578
- Lan, L., Lian, Z., & Pan, L. (2014). The effects of thermal comfort on learning performance in university students. *Building and Environment*, 205, 108225. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.11.024>
- Shield, B. & Dockrell, J. E. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(1), 133–144. <https://doi.org/10.1121/1.2812596>
- Szalma, J. L. & Hancock, P. A. (2011). Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis. *Psychological Bulletin*, 137(4), 682–707. 10.1037/a0023987

CAPÍTULO 20

LA EMPRESA COMO ACTOR CLAVE EN LOS TRABAJOS FIN DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS

JUAN MANUEL GONZÁLEZ-CABALLÍN SÁNCHEZ, GUILLERMO LAINE CUERVO,
Y ANTONIO JOSÉ GUTIÉRREZ TRASHORRAS
Universidad de Oviedo

INTRODUCCIÓN

Estado del arte

La importancia del vínculo Universidad – Empresa fue estudiado por Gatell et al. (2023.) y aplicado a la carrera de Arquitectura de la Universidad de Camagüey - Cuba. El objetivo principal consiste en exponer cómo la inserción de estudiantes en el ámbito laboral a través de prácticas pre-profesionales consolida su formación, fomentando una dinámica interactiva entre estudiantes, docentes y profesionales del sector. El estudio subraya que esta colaboración es una herramienta estratégica que contribuye a la transferencia de conocimiento y tecnología, mejorando la competitividad empresarial y respondiendo a las demandas del desarrollo social. En última instancia, se concluye que la relación universidad-empresa es esencial para la formación integral del futuro arquitecto, alentando su participación activa en la solución de problemáticas territoriales. En el mismo sentido, Mogollón et al. (2013) presentan el diseño de un modelo de transferencia de investigación y desarrollo (I+D) específico con el propósito de vincular de manera más efectiva los hallazgos académicos con el sector empresarial; definiendo categorías clave como la cultura de investigación y el emprendimiento. Los autores proponen un esquema que integre procesos actualmente aislados dentro de la universidad, enfatizando la importancia de un “Centro de Transferencia y Vínculos” apoyado por un Centro Tecnológico y de Emprendimiento para generar un impacto socioeconómico real en la región.

En el ámbito de los estudios bibliográficos, Espíndola Artola et al. (2023) llevan a cabo una revisión a través de 51 documentos exponiendo los principales modelos y mecanismos que articulan la relación entre universidades y empresas en los países de Latinoamérica. Los autores identifican tres modelos teóricos dominantes que rigen esta colaboración: el modelo del triángulo de Sábato, los sistemas de innovación, y la versión III de la triple hélice. En la práctica, los mecanismos de interacción más comunes son las pasantías estudiantiles, diplomados y consultorías profesionales, aunque también se observa una creciente promoción de spin-offs, spin-outs y start-ups respaldadas por inversiones en parques científicos y tecnológicos. En línea con

los modelos a implementar, el artículo de investigación de Bolaño García (2024) está enfocado en la sinergia entre la empresa y la universidad en el ámbito de la tecnología, y cómo esta colaboración es crucial para mejorar la empleabilidad. La autora utiliza un análisis bibliométrico de la base de datos Scopus para examinar la literatura existente sobre este vínculo. El estudio destaca que la cooperación es fundamental para que las universidades adapten sus programas a las demandas del mercado laboral y para impulsar la innovación a través de la transferencia de conocimiento. Conceptos clave como innovación, colaboración y transferencia de tecnología están estrechamente interconectados en el debate revisado. En última instancia, el artículo concluye que esta sinergia es una estrategia esencial para enfrentar los desafíos del mercado laboral actual y para el desarrollo social y económico.

Diferentes metodologías han sido propuestas en diversos artículos. En el I Congreso CIDICO, Sánchez Lite et al. (2019) muestran la tecnología Building Information Modeling (BIM) para la asignatura de proyectos de una escuela de ingeniería industrial. Esta tecnología consiste en la colaboración de todos los agentes implicados en el proyecto, de forma que se realice integralmente. Para ello uno de los agentes con los que se cuenta es el “mundo empresarial” El principal objetivo que se describe en este trabajo es conseguir que el estudiante, desde su proceso formativo y como actor principal de la elaboración de su proyecto industrial, conozca y participe de un proceso real de ejecución de proyectos, de forma que los alumnos egresados tengan el necesario nivel de preparación para incorporarse a su vida profesional. Escudero-Santana et al. (2019) que abordan el persistente desfase entre la educación universitaria y las competencias demandadas en el mercado laboral. Para mitigar esta brecha, un grupo de profesores implementó un proyecto de innovación docente en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, utilizando metodologías como ciclos de conferencias con profesionales y simulaciones de entornos empresariales. Los resultados de esta intervención mostraron resultados académicos y satisfacción del alumnado muy positivos al vincular el aprendizaje teórico con la experiencia profesional real. En el ámbito de las metodologías, Betancourt et al. (2020) estudian la vinculación universidad-empresa para optimizar la formación profesional de estudiantes universitarios, enfocándose en la carrera de Ingeniería Mecánica. El estudio aborda la problemática de las insuficiencias en el desempeño profesional de los egresados, proponiendo una solución que integra los componentes académico, laboral e investigativo. La metodología se centra en el desarrollo de tareas profesionales como eje articulador, buscando la unidad entre lo instructivo, lo educativo y lo desarrollador. Mediante un pre-experimento pedagógico los autores demuestran que la aplicación de esta metodología logra mejoras significativas en los indicadores de vinculación y en la formación integral de los estudiantes, preparando profesionales más competentes, creativos y emprendedores. El trabajo realizado por

Andueza Unanua et al. (2024) se encuadra en las especialidades de electrónica industrial de las titulaciones de Ingeniería Industrial de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) - España, ya que han sufrido una pérdida paulatina de estudiantes. Con el objetivo de invertir esta tendencia se ha diseñado un proyecto de innovación docente, basado en la utilización planificada de metodologías activas de aprendizaje en colaboración con empresas navarras referentes en la electrónica industrial. El proyecto persigue, por un lado, afianzar el aprendizaje del alumnado haciendo más atractiva y aplicada la docencia, y por el otro aumentar la visibilidad social de la electrónica mejorando la percepción entre el alumnado de un sector industrial estratégico en la Comunidad Foral de Navarra.

Diversos artículos subrayan la importancia de la figura del profesor como actor fundamental en este tipo de proyectos. Los autores Maureira Cabrera (2025) ponen de relieve la vinculación del profesorado con el medio profesional, dada la importancia para la actualización de docentes formadores. El papel motivador del profesor en los estudiantes universitarios viene recogido en MasTous y Medinas Amorós (2007) particularmente en el contexto de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, que enfatiza el aprendizaje autónomo. Los autores examinaron una muestra de estudiantes de primer curso de Pedagogía, utilizando un cuestionario para evaluar sus motivaciones intrínsecas y extrínsecas, así como otros constructos como la motivación de logro. Los resultados indican que los estudiantes están motivados tanto por factores intrínsecos como extrínsecos, y destacan la importancia de la frecuencia de asistencia a clase, la edad y el papel del profesor como motivador para el rendimiento académico.

Ejemplo práctico de aplicación y transferencia de conocimiento es el de INVESLAB-UV de la Universidad de Valencia en el campo de las Relaciones Laborales, Calvo Palomares et al. (2025) estudian el vínculo estratégico entre lo académico y lo profesional, demostrando que la colaboración planificada con organizaciones externas es crucial para la innovación docente universitaria y la empleabilidad de los graduados. Utilizando entrevistas a profesionales clave y encuestas a 371 estudiantes, los autores concluyen que este modelo de cooperación ha sentado bases sólidas para generar transferencia, arrojando resultados altamente positivos en la percepción de los stakeholders y en la valoración de los estudiantes sobre la utilidad práctica de su formación. El trabajo destaca que el éxito reside en la construcción de confianza, el interés mutuo y el enfoque en la co-construcción de conocimiento social y profesionalmente relevante. Asimismo, Galindo et al. (2025) examinan el impacto de la colaboración a largo plazo entre el Centro DIOPMA de la Universitat de Barcelona y diversas empresas, enfatizando el papel crucial de las universidades en la generación y transferencia de conocimiento. Se destaca que DIOPMA ha mantenido una relación continua y fructífera con más de 80 empresas, con un enfoque particular en

tecnologías de reciclaje y valorización de subproductos. Mediante un análisis cualitativo basado en entrevistas a tres empresas clave (SIRUSA, La Farga y MAGNA), el estudio evalúa tanto los resultados tangibles, como patentes y proyectos, como los efectos intangibles y de largo plazo, incluyendo la formación de personal altamente cualificado para la industria. Finalmente, se concluye que el éxito de estas alianzas se basa en la coproducción de valor, la confianza y la temporalidad, lo que ha impulsado la innovación, la competitividad empresarial y la sostenibilidad.

Este proyecto tiene el carácter diferenciador de contar una infraestructura conformada por empresas del sector energético, en concreto ligadas al área de conocimiento de los autores del trabajo, y vinculadas estrechamente a los objetivos docentes que en adelante se desarrollan. Así, las energías renovables, la tecnología de materiales, los recursos hidráulicos y la generación y distribución de energía constituyen ámbitos que el estudiante puede acceder y desarrollar sus trabajos fin de estudios.

Objetivos y carácter innovador del proyecto

El objetivo principal del proyecto consiste en ofrecer a los alumnos la oportunidad de realizar sus trabajos fin de grado o máster en un entorno diferente al habitual, con una orientación eminentemente práctica y en un entorno empresarial. Además, a lo largo del desarrollo de sus trabajos, se lleva a cabo una dinámica, mentoring, de forma que se desarrolle una coordinación de las diferentes tareas por parte del tutor universitario, que a su vez debe ser conocedor de la evolución de la demanda laboral en tiempo real, y de un cotutor externo por parte de las empresas.

Se pretenden establecer las siguientes medidas:

- Trabajos en equipo: se buscará un grupo de tres o cuatro estudiantes para que trabajen alrededor de una misma temática lo suficientemente amplia como para que cada uno pueda tener un trabajo propio. Los contenidos estarán siempre relacionados con intereses de las empresas asociadas al proyecto.

- El proyecto se inicia con el curso académico mediante una reunión de lanzamiento en la que se asignan los distintos trabajos, promovidos por las empresas participantes.

- A lo largo del curso se realizan reuniones de seguimiento grupales, donde se pondrán de manifiesto los problemas encontrados y las dudas que han ido surgiendo los días previos. Se analizan posibles soluciones y situaciones problemáticas a futuro para tomar las decisiones pertinentes y se marcan los objetivos para la siguiente reunión.

- Se creará un grupo de WhatsApp o Teams como herramienta de apoyo.

- A lo largo del curso los alumnos contarán con el asesoramiento de expertos en sus trabajos, de forma que tendrán una relación directa con la empresa que puede servirles como plataforma de lanzamiento al mundo laboral.

- Así mismo, se buscará darles formación continua tanto en la temática en cuestión como en cualesquiera otras que se estimen de interés o importancia para su desarrollo profesional y personal en el futuro. Aquí primará un enfoque práctico en la medida que sea posible.

Los alumnos deben ser autónomos y por tanto responsables del desarrollo de sus trabajos, de forma complementaria al disponer de contenidos con una raíz común sirve de incentivo para llevar los trabajos al día. La realización de reuniones periódicas de seguimiento busca crear un clima de empresa, que desarrolla habilidades de gran utilidad en el futuro profesional. Se fomentará su participación en estas reuniones para que trabajen conjuntamente en los aspectos troncales y resuelvan las posibles dudas e inquietudes que surjan. Obviamente siempre contarán con el apoyo de los tutores universitarios.

De esta manera, se consigue un desarrollo de los trabajos fin de estudios en unas condiciones motivadoras para el estudiantado, que les permitirá tener un contacto más cercano con la empresa y con las estructuras del mundo profesional, donde los plazos, la gestión del tiempo y la resolución de problemas son habilidades fundamentales.

Los objetivos específicos se pueden estructurar de la siguiente forma:

a) Innovar en el ámbito de la metodología docente, mediante el fomento de nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje activas que contribuyan a favorecer un cambio metodológico centrado en el estudiantado. Se procurará que la innovación docente abarque aspectos en materia de igualdad, atención a la diversidad y emprendimiento.

b) Desarrollo de iniciativas docentes orientadas a la igualdad de género, la interculturalidad, la inclusión y la atención a la diversidad en o desde el ámbito universitario

c) Implementación de acciones de orientación profesional del alumnado de los últimos cursos de la titulación.

d) Ejecución de acciones de inserción laboral y emprendimiento entre el estudiantado promoviendo la realización de experiencias innovadoras en relación con su profesionalización.

e) Establecimiento de redes de innovación interdisciplinares.

f) Impulso de acciones para potenciar una vinculación con el sector productivo y social (empresas, organismos e instituciones)

METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada se puede estructurar en distintas fases que tienen lugar de manera consecutiva.

Fase 1: Selección de las líneas de investigación

El grupo de trabajo, integrado por profesores universitarios, se reúne para discutir distintas temáticas posibles para el desarrollo de los trabajos. Se busca que estas sean afines a algunas de las empresas asociadas al proyecto que pueda dar lugar a varios trabajos individuales.

Fase 2: Contacto con potenciales empresas colaboradoras

Una vez seleccionada la temática, se contacta con las distintas empresas en busca de propuestas más concretas. El objetivo de esta fase es intentar conseguir que los trabajos respondan a una necesidad real del mercado o se desarrollen alrededor de propuestas novedosas o relevantes. Así mismo, se solicita de ellas (las empresas) un compromiso de asesoramiento continuado a lo largo del curso académico. Esta fase finaliza con el esbozo de las propuestas.

Fase 3: Oferta de los trabajos en las Escuelas Politécnicas de Ingeniería de la Universidad de Oviedo (EPI-UO) y selección de alumnos

Esta fase puede transcurrir de dos maneras. La primera es que el grupo de trabajo se entrevista con distintos alumnos a los que considera que les puede interesar realizar cada uno de los trabajos. En estas entrevistas se les describe todo el proceso, lo que se espera de ellos y aquello que el grupo de trabajo les ofrece. La segunda es mediante la oferta abierta de estos trabajos a través de los órganos correspondientes de la EPI-UO y en los periodos previstos para ello.

Fase 4: Elaboración de índices orientativos y tareas a desarrollar

Una vez asignados los temas, el grupo de trabajo se reunirá para desarrollar índices orientativos de cada uno de ellos y un listado de tareas que marcarán distintos hitos en el avance de los proyectos. El objetivo es tener un punto de partida, aunque más adelante puedan surgir modificaciones. Estos datos serán transmitidos a los alumnos a través de algún medio (reunión presencial, online, correo electrónico...), preferentemente alguno en el que los alumnos puedan, al menos, verse.

Fase 5: Reunión de lanzamiento

Una vez terminada la fase anterior, se emplazará a todos los implicados a una reunión presencial que servirá de punto de partida. Se resolverán las dudas que los documentos de la fase anterior hayan suscitado y se procederá a planificar los

siguientes pasos a seguir. Se establecerán una serie de metas u objetivos a cumplir de cara a la siguiente reunión. El objetivo de esta fase es que los alumnos tengan ya una idea muy clara de lo que se espera de sus proyectos.

Fase 6: Seguimiento

En el comienzo de los trabajos, se realizará un seguimiento cercano de su evolución mediante reuniones periódicas, intentando simular una situación similar a la de una empresa. En estas reuniones (preferiblemente presenciales), cada alumno hará un resumen de lo realizado hasta la fecha, presentará las dudas y dificultades que ha encontrado y se trabajará en buscar soluciones. Resueltas las dudas, se planificarán los objetivos de cara a las siguientes reuniones.

Fase 7: Mentoría

Una de las grandes innovaciones del presente proyecto es la realización de un mentoring a los alumnos. A lo largo del curso académico, se les ofrecerá, de manera gratuita, un asesoramiento por parte de las empresas implicadas. Esto les permitirá entrever cómo es el mundo de la empresa. Además y como valor añadido, se impartirá docencia en forma de cursos puntuales (dos o tres horas), en temas relevantes para el desarrollo de sus trabajos o para su futuro profesional.

Fase 8: Desarrollo de la memoria y preparación de la defensa

Como última etapa, el grupo de trabajo prestará su apoyo en la redacción de los trabajos a presentar y su posterior defensa.

Fase 9: Reflexiones finales

El grupo de trabajo se reunirá, una vez finalizados los trabajos, para reflexionar sobre el desarrollo del proyecto. El objetivo es detectar puntos conflictivos y de mejora para iteraciones posteriores. A cada alumno implicado, se le facilitará una encuesta para que valore distintos aspectos de la manera más objetiva posible. Todo esto redundará en la calidad de posteriores intentos.

Fase 10: Memoria del proyecto

Esta fase discurre en paralelo con todas las anteriores. Cada una de las distintas etapas que se han venido describiendo, darán lugar a una serie de documentos que se recopilarán en una memoria. De este modo, toda la información que se ha ido generando, quedará reflejada por escrito en un documento que podrá ponerse a disposición de los alumnos para que tengan siempre accesible toda la información y adquieran un contexto completo de lo que están haciendo. Así mismo, este documento servirá al grupo de trabajo para detectar puntos en los que mejorar.

Plan de trabajo

La duración prevista del proyecto es de 1 año académico. En la Tabla 1 se muestra un diagrama Gantt que estructura temporalmente las acciones del proyecto. Se ha utilizado cada mes como unidad mínima para programar los tiempos.

RESULTADOS - SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

En sintonía con lo expresado por Reglamento de Trabajos Fin del Máster (2017) los trabajos fin de estudios deben reflejar la “capacidad del estudiante de ingeniería para resolver problemas de su especialidad de tipo complejo, abarcando diferentes ramas estudiadas durante su formación y combinándolas para proponer una solución propia de su profesión. En este sentido, los trabajos fin de carrera representa la aplicación de las competencias adquiridas durante todos los años de estudio”.

Tomando como referencia lo expresado en el párrafo anterior el alumno debe ser evaluado de una forma holística; no solo debe expresar sus conocimientos particulares en el área que haya escogido sino también debe tener en cuenta los adquiridos en su trayectoria como estudiante.

Por ello, se debe prestar atención a la correcta redacción y exposición oral que practicará ante el tribunal que lo juzgue. Los aspectos a tener en cuenta como tutor del trabajo fin de estudios en cuanto a la redacción y presentación por parte del alumno, son entre otros los siguientes:

Redacción:

Estructura del trabajo de forma coherente, en los siguientes ítems:

- Introducción.
- Objetivo.
- Metodología.
- Resultados.
- Discusión.
- Conclusiones.

Cuidar con esmero la ortografía y la gramática.

Condensar las ideas y transmitir la información de forma rigurosa y clara.

El texto debe ser original, y en su caso citar las fuentes si se alude a trabajos o ideas que no son propias.

El título debe responder a los contenidos expresados en el trabajo, evitando transmitir una falsa idea.

Los gráficos, tablas y documentación gráfica deben estar convenientemente numerados.

Las citas deberán estar ordenadas y seguirán las pautas de un estilo bibliográfico determinado.

Explicar el objetivo y su carácter innovador apoyándose en el estado del arte.

Exposición:

Fijado el tiempo de exposición por el reglamento correspondiente, se llevará a cabo un reparto del mismo sobre los contenidos esenciales; evitando las pausas e intentando no dar una impresión de celeridad en la exposición.

Seguir el orden fijado en la redacción, con las variaciones estratégicas que mejor convengan a la defensa del trabajo. Indicar la motivación que ha llevado a elegir el trabajo y qué aporta al conocimiento científico. Si el trabajo es de investigación, remarcar la metodología seguida.

Desarrollar los resultados más importantes; en ocasiones detallarlos todos provoca la pérdida de atención del escuchante. Con posterioridad, en el turno de preguntas se pueden utilizar como argumento complementario.

En el transcurso de la exposición, y en cada una de sus partes, deben existir gráficos y documentación visual, que apoye las ideas que se desarrollan, evitando el exceso de párrafos o líneas escritas que el alumno pueda expresar oralmente.

Relacionar los resultados con otras investigaciones, y ver en qué forma las complementan.

En las conclusiones, subrayar la importancia de los objetivos diferenciadores del trabajo, resaltar los hallazgos obtenidos y trasladar las futuras vías de investigación que complementan la investigación llevada a cabo.

Por último y no menos importante, expresar los agradecimientos a los agentes que han permitido realizar el trabajo.

La valoración de los apartados anteriores corresponde a los miembros de los tribunales.

CONCLUSIONES

La demanda del mercado laboral fija su elección en ingenieros egresados con amplios conocimientos de la carrera que han cursado, pero además requieren formación práctica. El trabajo describe el enfoque innovador que se pretende aplicar en el desarrollo de los trabajos fin de grado o máster al colaborar distintas empresas en la cotutorización de los mismos.

Los alumnos implicados adquirirán un profundo conocimiento de la materia a lo largo del curso académico, lo que les permitirá adquirir capacidad crítica en el campo que soliciten fundamentadas en su propia experiencia. Por otra parte, conocerán de primera mano el equipamiento tecnológico asociado al trabajo que desarrollen, además de familiarizarse con sus características y funcionamiento.

El mentoring será una figura relevante para la adquisición de conocimientos relevantes en su futuro profesional. Aprenderán a trabajar en equipo, a resolver problemas y conflictos y a apoyarse mutuamente, dado que todos los trabajos deben avanzar a la par.

Por ello, se sentirán más seguros a la hora de la defensa; el contacto con las empresas les dará un conocimiento sobre el mundo empresarial que, de otra forma no tendrían, suavizando así el impacto de incorporarse a la vida laboral. Por último el aspecto social es importante y puede desencadenar que los alumnos terminen trabajando en las empresas implicadas.

En resumen, la vinculación que se ha citado desde el principio cuenta con un respaldo del agente empresarial importante, lo que garantiza que el objetivo se pueda alcanzar teniendo en cuenta la alta implicación del alumno.

REFERENCIAS

Alonso Gatell, A., Treviño-Cubero, A., Banda-Muñoz, F., y Martínez Moreno, A. R. (2023). Una experiencia del vínculo universidad-empresa desde la Universidad de Camagüey. *Retos de la Dirección*, 17(3). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10041856>

Andueza, A. M. (2024). Aplicación de metodologías activas basadas en casos reales - colaboración universidad – empresa. *XVI Congreso tecnología aprendizaje y enseñanza de la electrónica* (pp. 313–320). <https://malaga2024.congresotae.es/>

Betancourt, A., Joniaux, M., Crespo, V., Joniaux, C., y Reyes, O. (2020). Vínculo universidad-empresa: vía para la formación profesional del estudiante. *Espacios*, 41(13), 14. www.revistaespacios.com/a20v41n13/a20v41n13p14.pdf

Bolaño García, M. (2024). Sinergia empresa-universidad en tecnología para la empleabilidad. *Praxis*, 20(2), 243–247. <https://doi.org/10.21676/23897856.5998>

Calvo Palomares, R., Aguado Hernández, J. A., y Sigalat Signes, E. (2025). A decade of collaboration and academic-professional transfer in Labor Relations. INVESLAB-UV, a case of success. *European Public and Social Innovation Review*, 10. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-525>

Escudero, A. (2019). Relación Universidad-Empresa: Un caso real de colaboración en la Escuela Superior de Ingeniería de Sevilla. *13th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management” and “XXIII and Congreso de Ingeniería de Organización (CIO2019)* (pp. 165–166). <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/51436>

Espindola, A. (2022). Modelos y mecanismos que rigen el vínculo universidad-empresa en los países de Latinoamérica. *Transformación*, 18(3), 644–673.

Galindo, E., Segarra, M., Chimenos, M., y Fernández, A. I. (2025). Impacto de la colaboración a largo plazo Universidad-Empresa con el Centro DIOPMA. *4 Congrés d’Economia i Empresa de Catalunya*. <https://www.coleconomistes.cat/MAILS/DOCS/121.Impacto%20de%20la%20Colaboraci%20a%20largo%20plazo%20Universidad-%20Empresa%20con%20el%20centro%20DIOPMA.pdf>

García Mogollón, J. M., Guerrero Gualdrón, C. A., y Rafael Bolívar, L. (2020). Diseño de un modelo de transferencia Universidad-Empresa, para la I+D. *Grupos de Investigación de La Universidad de Pamplona*, 106–119. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9384127>

Mas Tous, C. y Medinas Amorós, M. (2007). Motivaciones para el estudio en universitarios. *Anales de Psicología*, 23, 17–24. <http://www.redalyc.org/articulo.oa>

Maureira Cabrera, O. P. T. M. (2025). 4th International Congress: Education and Knowledge Actas / Proceedings / Actes. In Ediciones Octaedro (Ed.), *Características del liderazgo medio y desarrollo profesional docente en una muestra de centros chilenos de educación secundaria de Formación Profesional*. Ediciones Octaedro, S.L. www.octaedro.com

Reglamento de Trabajos Fin del Máster. (2017). www.epigijon.es

Sánchez Lite, A. Z. P. P. (2019). Generación de Un Entorno Colaborativo BIM (Building Information Modeling) Educativo-Empresarial En Asignaturas de Proyectos Técnicos Industriales: “Muestra Tu Proyecto. *Actas del I Congreso Internacional de Innovación Docente e Investigación en Educación Superior*.

CAPÍTULO 21

APRENDER EXPLICANDO: INNOVACIÓN DOCENTE MEDIANTE PRODUCCIÓN AUDIOVISUAL EN MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LAS TELECOMUNICACIONES

DIEGO GARCÍA-ZAMORA Y NURIA CASTILLO-GONZÁLEZ
Universidad de Jaén

INTRODUCCIÓN: CONTEXTO Y RELEVANCIA DEL PROYECTO

Panorama actual y estado del arte

En los últimos años, la producción de contenidos audiovisuales por parte del estudiantado ha emergido como una estrategia pedagógica innovadora en la educación superior, particularmente dentro de enfoques de aprendizaje activo (Urcid Puga, 2022). Estas prácticas responden a la necesidad de superar los modelos de enseñanza centrados en la transmisión unidireccional y avanzar hacia experiencias en las que los estudiantes desempeñen un rol activo en la construcción del conocimiento. La creación de vídeos educativos por grupos de estudiantes constituye un ejemplo claro de esta transformación, al requerir tanto la comprensión profunda del contenido como la capacidad de comunicarlo de manera eficaz (Cheng, 2023).

Diversas investigaciones han mostrado que el diseño de actividades de producción audiovisual favorece el desarrollo de procesos cognitivos que implican organización, integración y elaboración del conocimiento (Luna, 2008). Cheng (2023) señala que cuando el estudiantado se enfrenta a la tarea de explicar un concepto o resolver un problema para otros, se activa un proceso metacognitivo que incrementa la retención y transferencia del aprendizaje. Esto es coherente con los planteamientos constructivistas, que defienden que aprender a enseñar constituye una de las formas más efectivas de consolidar el propio aprendizaje (Cáceres Castro, 2024; Sánchez Villacrés, 2025).

El potencial de este tipo de experiencias depende en gran medida del diseño instruccional y de las condiciones de implementación. Kuhlmann et al. (2024) destacan que la elaboración de vídeos por parte de estudiantes puede mejorar la motivación y el compromiso cognitivo, conductual y afectivo, siempre que se integre en un marco estructurado con criterios de evaluación explícitos, retroalimentación adecuada y oportunidades de trabajo colaborativo. La claridad en las rúbricas de evaluación y la retroalimentación del profesorado y los pares resultan fundamentales para garantizar la calidad de los productos y el aprendizaje derivado de ellos.

La literatura también resalta diferencias entre el consumo de vídeos producidos por el profesorado y aquellos creados por estudiantes. Truss (2024) muestra que los

patrones de compromiso (engagement) varían en función del origen del recurso audiovisual, subrayando que los vídeos de pares pueden generar mayor proximidad y motivación, aunque requieren un diseño cuidadoso para asegurar la validez del contenido. Este hallazgo es relevante en contextos donde se busca equilibrar la adquisición de competencias técnicas y disciplinares con el desarrollo de habilidades comunicativas y colaborativas.

Otro aspecto clave identificado es el papel de los vídeos como instrumento de evaluación. Frente a métodos tradicionales como exámenes escritos o pruebas objetivas, la entrega de vídeos permite valorar un conjunto más amplio de competencias: desde la comprensión de los contenidos hasta la creatividad, la síntesis, la organización de la información y las habilidades de comunicación oral y digital (Cheng, 2023). Esta modalidad de evaluación promueve el trabajo en equipo y la responsabilidad compartida, aunque Wang et al. (2024) advierten sobre los desafíos asociados, como la carga de trabajo, las necesidades de soporte técnico y la equidad en la valoración. Estos retos obligan a repensar las dinámicas de acompañamiento docente y la integración de estas producciones en los sistemas de calificación.

La reflexión sobre el uso de vídeos como recurso docente también se enmarca en debates sobre la sostenibilidad y escalabilidad de estas prácticas. El auge de herramientas de inteligencia artificial plantea interrogantes sobre el papel diferencial de los vídeos creados por humanos frente a los generados automáticamente (Dueñas y Jiménez, 2023). Netland et al. (2025) señalan que, aunque los recursos producidos por IA pueden ser más eficientes, los vídeos elaborados por estudiantes aportan un valor formativo insustituible: fomentan el pensamiento crítico, la autorregulación y la capacidad de comunicar a una audiencia real. Esta tensión entre automatización y creatividad humana sitúa la producción audiovisual estudiantil en el centro de las discusiones sobre el futuro de la enseñanza universitaria.

En el contexto europeo, se observa además una tendencia hacia la promoción de materiales educativos multilingües y abiertos (UNESCO, 2023). Iniciativas como NEOTeAch, impulsadas por la alianza NEOLaIA, constituyen un referente al fomentar la producción de recursos digitales creados por estudiantes en diferentes lenguas y su difusión internacional (Universidad de Jaén, 2024). Estas iniciativas reconocen el valor pedagógico de la producción audiovisual estudiantil y refuerzan su dimensión de internacionalización y visibilidad institucional. Incluir una entrega voluntaria en inglés no solo amplía las competencias lingüísticas del alumnado, sino que potencia su capacidad de comunicación en un contexto académico globalizado (Universidad de Jaén, 2024).

Presentación del proyecto

El proyecto Transformación Digital en Métodos Matemáticos en Telecomunicaciones se diseñó como una estrategia de innovación docente orientada a modernizar y mejorar la enseñanza de los métodos matemáticos aplicados a las telecomunicaciones en estudiantes de primer curso de los grados en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación e Ingeniería Telemática de la Universidad de Jaén. Su enfoque principal fue la producción audiovisual de contenidos matemáticos por parte del alumnado, entendida no solo como la incorporación de herramientas digitales a la enseñanza, sino como un cambio metodológico que sitúa al estudiante en un papel activo como generador y comunicador de conocimiento.

La actividad central del proyecto consistió en la producción de vídeos educativos elaborados por los propios grupos de estudiantes, en los que resolvían y explicaban ejercicios representativos de análisis vectorial, variable compleja y ecuaciones diferenciales. Estos vídeos, que podían realizarse en español o inglés, se diseñaron como materiales con vocación de difusión internacional, en coherencia con los pilares de Transformación Digital y Diversidad e Inclusión de la alianza NEOLaIA. Al mismo tiempo, se configuraron como dinamizadores del aprendizaje entre iguales (peer instruction), generando conocimiento compartido. Así, la explicación a los compañeros se convierte en un recurso de consolidación conceptual y de desarrollo de la competencia comunicativa en matemáticas, al tiempo que potencia el trabajo en equipo, la comunicación y la responsabilidad compartida.

La experiencia se planteó como una estrategia didáctica innovadora que trasciende el uso tradicional de la tecnología (Pepin et al., 2021), desplazando el énfasis de la mera ejecución algorítmica y procedimental, más propia de la educación secundaria, hacia la abstracción, el rigor conceptual y la capacidad de comunicar matemáticas. Estos aspectos son la base del Pensamiento Matemático Avanzado (PMA) en el contexto universitario y esenciales en la formación universitaria de futuros ingenieros (Tall, 1991).

Objetivos generales y justificación pedagógica

Los objetivos generales del proyecto son:

1. Potenciar la competencia matemática, fortaleciendo la comprensión conceptual y el pensamiento matemático avanzado.
2. Desarrollar competencias digitales y soft skills (competencias personales, sociales y emocionales), mediante la producción de materiales didácticos.
3. Fomentar el aprendizaje colaborativo y la explicación entre iguales, reforzando la metacognición, la capacidad de argumentación matemática y la comunicación rigurosa.

4. Promover un uso responsable de herramientas digitales e inteligencia artificial.

5. Impulsar la diversidad e inclusión, ofreciendo contenidos en inglés que faciliten la participación de estudiantes internacionales y potencien las competencias lingüísticas de todo el alumnado.

La justificación pedagógica del proyecto se basa en la necesidad de modernizar la enseñanza en Métodos matemáticos en telecomunicaciones, integrando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para mejorar la motivación, la participación y el aprendizaje. Se busca superar el enfoque predominantemente algorítmico de la matemática escolar y fomentar un aprendizaje profundo y conceptual en matemáticas aplicadas a las telecomunicaciones (Bressoud et al., 2016). La creación y explicación de materiales digitales permiten al alumnado activar procesos de organización, integración y elaboración del conocimiento, consolidando la comprensión conceptual y promoviendo la comunicación matemática rigurosa. Al mismo tiempo, el proyecto fomenta habilidades transversales fundamentales para la formación universitaria, como la colaboración, la creatividad, la comunicación efectiva y la competencia digital, garantizando la viabilidad, el interés pedagógico y la relevancia innovadora de la propuesta.

METODOLOGÍA: ESTRATEGIAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE

Materiales y actividades diseñadas

El proyecto se estructuró en torno a actividades orientadas a que el estudiantado no solo resolviera ejercicios, sino que construyera, organizara y comunicara conocimiento matemático de manera rigurosa. Se organizaron grupos de estudiantes, que elaboraron vídeos explicativos sobre ejercicios representativos de los distintos temas de la asignatura: análisis vectorial, variable compleja y ecuaciones diferenciales. Cada grupo debía seleccionar un ejercicio, analizarlo, estructurar la resolución y explicarlo, priorizando la claridad conceptual y la coherencia del razonamiento, y relegando la mera ejecución algorítmica.

Estas actividades fomentaron que el estudiantado aprendiera explicando, organizando sus ideas y conectando los distintos sistemas de representación (algebraico, gráfico y verbal) introducidos por Duval (1995). Los productos generados no solo constituyeron material de aprendizaje para el propio grupo, sino también recursos didácticos reutilizables que beneficiaron a toda la comunidad académica y promovieron la interacción y el aprendizaje entre iguales.

Los vídeos se evaluaron según cuatro criterios: dificultad del ejercicio, calidad y profesionalidad del vídeo, adecuación del método de resolución y capacidad de expresión matemática. La actividad incluía además la posibilidad de participación voluntaria en la elaboración de vídeos adicionales en inglés, fomentando la iniciativa,

la creatividad y la generación de materiales didácticos reutilizables para la comunidad académica internacional. Estas actividades promovieron no solo la comprensión de conceptos matemáticos avanzados, sino también habilidades comunicativas y de argumentación propias del PMA.

Enfoque metodológico y alineación con los objetivos

La metodología adoptada combinó aprendizaje cooperativo y aprendizaje activo, centrado en la explicación y la comunicación entre iguales. La organización en grupos permitió que los estudiantes discutieran, negociaran y construyeran conjuntamente la resolución de los ejercicios, reforzando la construcción compartida del conocimiento y el razonamiento riguroso. La necesidad de explicar los ejercicios a sus compañeros fomentó la reflexión metacognitiva y promovió la reflexión sobre la propia comprensión, tal como señalan investigaciones recientes sobre producción audiovisual estudiantil (Cheng, 2023; Luna, 2008).

El enfoque promovió la abstracción y el rigor matemático, al exigir que los estudiantes organizaran sus explicaciones y conectaran distintos sistemas de representación (algebraico, gráfico y verbal), dejando atrás un enfoque meramente pragmático o algorítmico. La explicación entre iguales se convirtió en un instrumento clave para consolidar la comprensión conceptual, ya que al enseñar y argumentar frente a sus compañeros, los estudiantes reforzaban sus propias estructuras de conocimiento y desarrollaban habilidades de comunicación matemática compleja, fomentando un aprendizaje más profundo y duradero (Marton y Säljö, 1976).

Asimismo, la integración de recursos digitales permitió que el alumnado produjera materiales reutilizables y compartidos con la comunidad académica, reforzando la motivación, la responsabilidad y el compromiso cognitivo, conductual y afectivo, aspectos destacados en la literatura sobre innovación docente y aprendizaje entre iguales (Kuhlmann et al., 2024; Truss, 2024).

Integración de recursos y herramientas disponibles

Para el desarrollo del proyecto se combinó el uso de infraestructuras universitarias con plataformas digitales de apoyo al aprendizaje. El alumnado contó con el seminario y las salas de trabajo en grupo, que favorecieron la planificación colaborativa y la grabación de materiales en un entorno adecuado. Además, se pusieron a disposición cámaras y micrófonos de buena calidad, así como una pizarra digital, lo que permitió que los vídeos alcanzaran un nivel técnico óptimo en imagen y sonido, potenciando su valor como recursos educativos.

En cuanto a la gestión de los materiales, los vídeos se entregaron a través de la plataforma institucional Platea (<https://platea.ujaen.es/>), que facilitó tanto la organización de las tareas como la provisión de retroalimentación personalizada por

parte del profesorado. Este espacio digital se convirtió en un punto clave de interacción y seguimiento del progreso de los grupos.

Finalmente, la actividad voluntaria vinculada a NEOLAIa permitió que algunos de los trabajos se difundieran en un entorno internacional, reforzando la motivación del alumnado y situando la experiencia en el marco europeo de innovación y cooperación universitaria (<https://neolaiacampus.eu/neoteach/>).

Indicadores de evaluación y criterios de éxito

La evaluación del proyecto se diseñó con un doble propósito: por un lado, valorar la calidad de los productos audiovisuales generados por el alumnado, y por otro, analizar el impacto de la experiencia en el desarrollo de competencias matemáticas, digitales y comunicativas. Para ello, se definieron una serie de indicadores que guiaron tanto la valoración de los vídeos como la interpretación de los resultados obtenidos.

En primer lugar, se tuvo en cuenta la dificultad del ejercicio elegido, pues el proyecto buscaba que los estudiantes no solo resolvieran problemas básicos, sino que se atrevieran a enfrentarse a cuestiones de mayor complejidad. Asimismo, la calidad y profesionalidad de los vídeos fueron un criterio fundamental, valorando aspectos técnicos de grabación, edición y presentación que contribuyeran a la claridad del recurso educativo. Otro de los indicadores clave fue el método de resolución empleado, que debía mostrar rigor matemático, coherencia en los pasos seguidos y corrección en los resultados. Finalmente, se evaluó la explicación y capacidad comunicativa, entendida como la habilidad de transmitir conceptos complejos de manera comprensible, estructurada y motivadora.

Para evaluar estos aspectos, se utilizaron rúbricas específicas con grados de desempeño entre 0 y 10. El profesorado, por su parte, realizó observaciones sistemáticas durante el proceso y comparó los resultados con el rendimiento académico obtenido en pruebas escritas tradicionales. De esta manera, fue posible contrastar la adquisición de competencias matemáticas con la experiencia práctica de creación de contenidos.

De forma complementaria, se consideró la participación voluntaria en la elaboración de un vídeo adicional destinado a la iniciativa NEOTeAch. Este indicador permitió medir el grado de implicación del alumnado más allá de las tareas obligatorias y se entendió como un signo de motivación intrínseca hacia el aprendizaje y la innovación educativa.

Se estableció como umbral de éxito que al menos un 60% de los estudiantes mantuviesen el interés en la asignatura. Asimismo, se esperaba una mejora en la comprensión de los temas de mayor dificultad, tales como las integrales de línea y de superficie, el teorema de los residuos o las ecuaciones diferenciales. Finalmente, la

participación de un porcentaje significativo de estudiantes (en torno al 30%) en la elaboración voluntaria de materiales adicionales se interpretó como un indicador del efecto motivador de la propuesta.

Planificación y coordinación del proyecto

La planificación del proyecto se estructuró desde el inicio en torno a los objetivos definidos en la convocatoria NEOTeAch (curso 2024-2025), en el marco de la alianza NEOLAiA. Una vez confirmada la selección de la propuesta por parte del Vicerrectorado de Internacionalización de la Universidad de Jaén, se diseñó una hoja de ruta que garantizara la viabilidad de la iniciativa, combinando la dimensión académica, tecnológica y organizativa.

En una primera fase, se estableció un calendario de actividades que permitió integrar el proyecto en la programación de la asignatura. Cada bloque temático fue acompañado por la propuesta de ejercicios específicos susceptibles de ser explicados mediante vídeos educativos. Para facilitar el proceso, el profesorado proporcionó pautas claras sobre el formato, la duración y los criterios de calidad de los productos audiovisuales, de manera que los estudiantes contaran con un marco de referencia común.

La organización del proyecto se apoyó en un sistema de trabajo por equipos, en el que cada grupo de estudiantes asumió la responsabilidad de producir un vídeo explicativo vinculado a uno de los temas de la asignatura. El profesorado actuó como guía y facilitador, resolviendo dudas técnicas y metodológicas, y asegurando que los contenidos mantuvieran el rigor académico necesario. Además, se habilitaron espacios de retroalimentación periódica online.

A nivel institucional, la coordinación del proyecto se mantuvo en colaboración con la oficina de internacionalización de la Universidad de Jaén, a fin de asegurar que los materiales producidos se ajustaran a los requisitos de difusión y visibilidad establecidos por NEOLAiA. En particular, se promovió la realización de un vídeo adicional de carácter voluntario en inglés, destinado a la plataforma internacional de la alianza, lo que permitió vincular la experiencia local con un contexto global y multilingüe.

Finalmente, la planificación contempló un sistema de evaluación que combinaba la revisión de los productos audiovisuales con el seguimiento del progreso académico del alumnado en pruebas escritas tradicionales. Este doble enfoque permitió analizar el impacto del proyecto en el aprendizaje y en el desarrollo de competencias comunicativas y digitales.

RESULTADOS Y ANÁLISIS ESPERADOS

Aspectos evaluados y datos relevantes

La evaluación del proyecto se planteó de manera integral, atendiendo no solo a los productos generados, sino también al propio diseño y desarrollo de la experiencia como iniciativa de innovación docente. En este sentido, se valoraron cuatro dimensiones principales, siempre en relación con los objetivos iniciales de fomentar un aprendizaje conceptual, colaborativo y digitalmente competente en matemáticas aplicadas a las telecomunicaciones

En primer lugar, la coherencia pedagógica del proyecto, analizando la claridad de los objetivos, la pertinencia de las actividades propuestas y su alineación con metodologías activas y con el espíritu de la convocatoria NEOTeAch. Este aspecto incluía también la definición de criterios de evaluación y la claridad de las rúbricas empleadas.

En segundo lugar, se tuvo en cuenta la viabilidad y coordinación, prestando atención a la planificación temporal, la integración en la asignatura y la gestión de recursos disponibles. La capacidad para articular la dinámica de aula con los requisitos de internacionalización de NEOLAiA fue aquí un factor determinante.

Una tercera dimensión estuvo vinculada al grado de innovación y transferencia. Se valoró el uso creativo de herramientas digitales para la enseñanza de las matemáticas, la posibilidad de generar materiales audiovisuales reutilizables y la proyección internacional de la experiencia, especialmente mediante la producción voluntaria de vídeos en inglés.

Finalmente, se consideró la participación estudiantil y la proyección futura de la propuesta. El nivel de implicación del alumnado se interpretó como un indicador del atractivo y relevancia pedagógica del proyecto, mientras que la mejora en la comprensión conceptual, la comunicación matemática y el desarrollo de competencias transversales pusieron de manifiesto su impacto real en el aprendizaje. Asimismo, su inclusión en el listado definitivo de iniciativas seleccionadas por la Universidad de Jaén representó un aval institucional que refuerza su potencial de continuidad y replicabilidad en otras asignaturas y titulaciones.

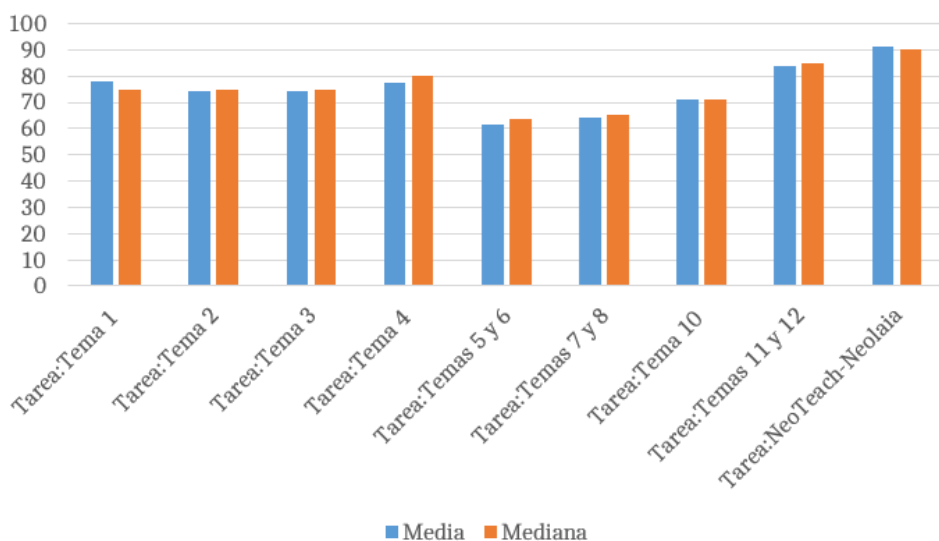
Procedimientos de evaluación e interpretación de resultados

El proceso de evaluación del proyecto combinó instrumentos tradicionales con estrategias innovadoras, con el propósito de obtener una visión amplia y equilibrada sobre el aprendizaje del alumnado y el alcance de la experiencia.

En primer lugar, se utilizó un sistema de rúbricas específicas para valorar los vídeos producidos por los estudiantes. Estas rúbricas contemplaban criterios como la dificultad del ejercicio elegido, la claridad en la explicación, el rigor matemático en la resolución y la calidad técnica y comunicativa del recurso audiovisual. La calificación

de cada tarea fue incorporada a la plataforma de docencia virtual, lo que permitió disponer de un registro sistemático y homogéneo de las entregas realizadas (ver Gráfica 1). Cabe destacar que se observa una tendencia creciente tanto en media como en mediana, salvando el caso de las Tareas de los Temas 5 y 6. Esta sería la primera prueba relacionada con el Bloque de Números complejos, que era completamente desconocido para algunos estudiantes. Esto puede explicar ese salto respecto a la Tarea del Tema 4, relacionada con Integrales de Superficie, algo más familiar para el estudiante.

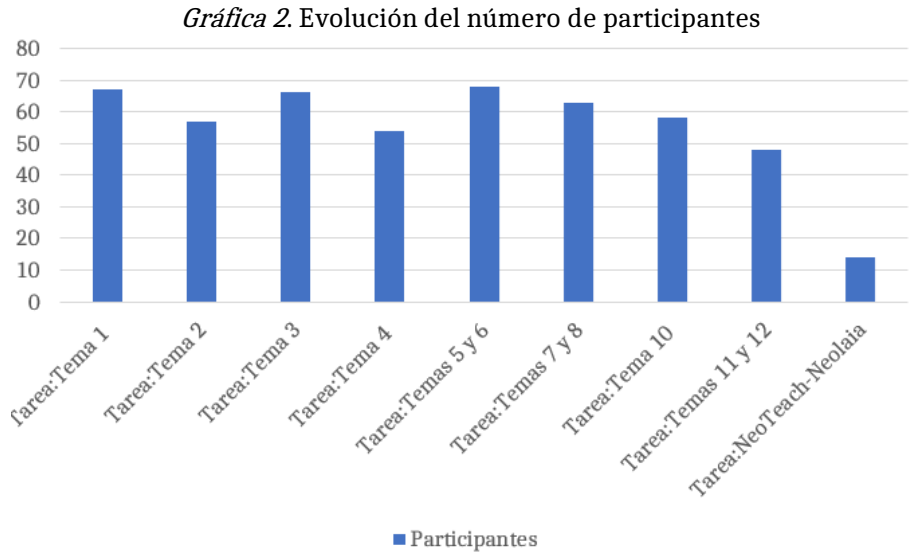
Gráfica 1. Evolución del desempeño del estudiantado



De manera complementaria, se mantuvieron pruebas tradicionales, que permitieron contrastar el rendimiento en un formato más convencional con el desempeño en las actividades audiovisuales. Esta comparación fue clave para interpretar si la creación de vídeos contribuía de alguna manera a mejorar la comprensión de los temas más complejos de la asignatura, así como a favorecer el aprendizaje conceptual, comunicativo y duradero característico del PMA (Ghedamsi y Lecorre, 2021). En este sentido, se observa que tanto la media como la mediana aumentan a medida que avanza el curso, reflejando un progreso en la asimilación conceptual.

El archivo de calificaciones refleja esta estrategia combinada, incluyendo tanto las tareas por tema como la participación en la actividad vinculada a NeoTeach. La incorporación de esta última como elemento evaluable permitió medir el grado de implicación del alumnado (Ver Gráfica 2). En este sentido, de los 67 que realizaron la primera entrega, 48 mantuvieron el interés hasta la última entrega (71%). De estos,

catorce estudiantes decidieron seguir adelante y participar en la entrega voluntaria, que corresponde a un 30% del estudiantado que seguía trabajando la asignatura.



La interpretación de los resultados se realizó atendiendo a dos dimensiones. Por un lado, se analizaron las calificaciones medias y medianas obtenidas en las diferentes tareas y pruebas, identificando progresos en la comprensión conceptual y la articulación rigurosa de contenidos matemáticos a medida que avanzaba el curso. Por otro lado, se valoró la implicación del alumnado, observando que un porcentaje significativo de estudiantes asumió el reto de elaborar vídeos adicionales, lo que constituyó un indicador claro de motivación intrínseca.

CONCLUSIONES: APORTACIONES Y POTENCIAL DE INNOVACIÓN

El proyecto desarrollado en el marco de la convocatoria NEOTeAch ha puesto de relieve el valor de la producción audiovisual como estrategia innovadora en la enseñanza universitaria de las matemáticas. Los resultados muestran un rendimiento académico satisfactorio y una mejora en la comprensión de los temas más complejos, al tiempo que la participación voluntaria de un número significativo de estudiantes en la actividad internacional NEOTeAch confirma el potencial motivador de la propuesta.

Desde el punto de vista pedagógico, la experiencia ha permitido trascender el enfoque algorítmico característico de la educación secundaria, situando el aprendizaje en un nivel más conceptual y abstracto propio del PMA. La necesidad de explicar los ejercicios a través de recursos audiovisuales favoreció la articulación rigurosa del discurso matemático, la reflexión metacognitiva y la explicación entre

iguales, lo que se tradujo en un aprendizaje más profundo y en la consolidación de competencias comunicativas esenciales para la formación en ingeniería.

En el plano epistemológico, el proyecto mostró cómo la matemática universitaria, lejos de limitarse a la mera aplicación de procedimientos, requiere de la construcción de significados a través de la representación y comunicación de los conceptos (Monaghan et al., 2023). La elaboración de materiales digitales situó al alumnado en un papel activo de productores de conocimiento matemático, contribuyendo a superar la visión utilitarista de la disciplina y reforzando su dimensión formativa y cultural.

La experiencia se presenta como un modelo replicable y escalable, capaz de integrar competencias matemáticas, digitales y comunicativas, y de reforzar la dimensión internacional de la Universidad de Jaén dentro de la alianza NEOLAIa. Además, constituye una aportación al ámbito de la Educación Matemática, al mostrar cómo la integración de TIC y la explicación entre iguales pueden ser palancas para potenciar la motivación, la participación y la comprensión conceptual en la enseñanza superior.

De esta manera, el proyecto ha cumplido satisfactoriamente todos los objetivos propuestos. Se ha potenciado la competencia matemática del alumnado, reforzando la comprensión conceptual y el pensamiento matemático avanzado; se han desarrollado habilidades digitales, comunicativas y colaborativas; y se ha promovido un aprendizaje activo y responsable. Además, la proyección internacional a través de NEOLAIa ha consolidado la dimensión innovadora y formativa de la experiencia, confirmando su coherencia con los principios de la convocatoria NEOTeAch.

REFERENCIAS

- Bressoud, D., Ghedamsi, I., Martinez-Luaces, V., y Tómer, G. (2016) *Teaching and learning of calculus*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32975-8>
- Cáceres Castro, M. J. y Alvarado Vimos, B. I. (2024). El método constructivista en la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes. *Esprint Investigación*, 3(2), 16–24. <https://doi.org/10.61347/ei.v3i2.70>
- Cheng, M., Wang, F., y Mayer, R. E. (2023). Benefits of asking students to make an instructional video of a multimedia lesson: Clarifying the learning-by-teaching hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(5), 1636–1651. <https://doi.org/10.1111/jcal.12823>
- Dueñas, S. y Jiménez Alcarria, F. (2025). La integración de Inteligencia Artificial Generativa en el flujo de trabajo de postproducción audiovisual: El caso de La Mesías (Movistar Plus+, 2023). *Revista Prisma Social*, 48, 96–121. Recuperado de <https://revistaprismasocial.es/article/view/5680>
- Duval, R. (1995) *Sémiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Peter Lang.

Ghedamsi, I. y Lecorre, T. (2021). Transition from high school to university calculus: a study of connection. *ZDM – Mathematics Education*, 53(3), 563–575. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01262-1>

Kuhlmann, S. L., Plumley, R., Evans, Z., Bernacki, M. L., Greene, J. A., Hogan, K. A., Berro, M., Gates, K., y Panter, A. (2024). Students' active cognitive engagement with instructional videos predicts STEM learning. *Computers & Education*, 216, Article 105050. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105050>

Luna, M. R. (2008). Audiovisual education to promote multiple competences. *Comunicar*, 16(31). <https://doi.org/10.3916/c31-2008-03-037>

Marton, F. y Saljo, R. (1976). On qualitative differences in learning: I. Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46(1), 4–11. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1976.tb02980.x>

Monaghan, J., Ely, R., Pinto, M. M. F., y Thomas, M. (2023). *The Learning and Teaching of Calculus: Ideas, Insights and Activities* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003204800>

Netland, T., von Dzengelevski, O., Tesch, K., y Kwasnitschka, D. (2025). Comparing human-made and AI-generated teaching videos: An experimental study on learning effects. *Computers & Education*, 224(105164), 105164. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105164>

Pepin, B., Biehler, R., y Gueudet, G. (2021). Mathematics in engineering education: A review of the recent literature with a view towards innovative practices. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 7(2), 163–188. <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8>

Sánchez Villacrés, A. M., Rivera Araujo, M. I., Peralta Escobar, M. N., Sánchez Villacrés, H. C., y Rizo García, E. D. C. (2025). Metodologías de alto impacto en el aula: un enfoque constructivista. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 7602–7615. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16429

Tall, D. (1991) *Advanced Mathematical Thinking*. Kluwer Academic Publishers.

Truss, A., McBride, K., Porter, H., Anderson, V., Stilwell, G., Philippou, C., y Taggart, A. (2024). Learner engagement with instructor-generated video. *British Journal of Educational Technology*, 55(5), 2192–2211. <https://doi.org/10.1111/bjet.13450>

UNESCO. (2023). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién?*. <https://www.unesco.org/es/articles/informe-de-seguimiento-de-la-educacion-en-el-mundo-2023-tecnologia-en-la-educacion-una-herramienta>

Universidad de Jaén. (2024). *NEOTeAch – Realización de Proyectos Piloto de Experiencias Innovadoras de Divulgación del Conocimiento*. <https://www.ujaen.es/internacional/convocatorias-internacionales/neoteach-realizacion-de-proyectos-piloto-de-experiencias-innovadoras>

CAPÍTULO 22

TALLERES DE BOTÁNICA EN EXPOCIENCIA: APRENDER ENSEÑANDO, ENSEÑAR APRENDIENDO

ANA BELÉN FERNÁNDEZ SALEGUI, ANA MARÍA VEGA MARAY,
ALBERTO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, CARMEN ACEDO,
PAULA ARIELY LOAYZA ROLO, RUBÉN PÉREZ GONZÁLEZ,
CLARA RUBIO REINARES, ANA PAULA MELERO, CELSO JOSÉ DÍEZ MELLADO, Y
ESTRELLA ALFARO-SÁIZ
Universidad de León

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la forma de transferir la ciencia ha cambiado significativamente con nuevos medios y formatos (Gripp y Machado, 2020; Perdomo y Cortázar, 2024). Entre numerosas opciones, las ferias de ciencias y exposiciones científicas se han consolidado como espacios clave para acercar el conocimiento científico a la sociedad y como elementos de aprendizaje alternativo que van más allá de la educación formal en el aula, ya que ofrecen una experiencia práctica y interactiva en la que los estudiantes participan en calidad de público y divulgadores mejorando así su comprensión del mundo natural y desarrollando competencias científicas fundamentales (Vásquez y Villegas, 2020). Estas actividades permiten a los estudiantes entender la ciencia en contextos prácticos y motivadores, reforzando el aprendizaje teórico y promoviendo competencias de investigación desde edades tempranas (Monge et al., 2018). Al mismo tiempo, estos eventos constituyen espacios de divulgación que permiten mejorar la cultura científica de la ciudadanía y mostrar la ciencia como algo amable, cercano e importante en el día a día de cada persona para la toma de decisiones (Moreda, 2010).

En este marco se sitúa Expociencia Unileón, un evento anual de divulgación científica que busca fomentar la vocación investigadora y emprendedora, así como difundir la excelente labor de los grupos de investigación de la Universidad de León (UCC+I-Universidad de León, s. f.). Entre los colectivos implicados en esta actividad se encuentran el grupo TACOBI (Taxonomía y Conservación de la Biodiversidad) y el grupo ATMOSENV (Ambiente Atmosférico), ambos vinculados al Grupo de Innovación Docente ACBoSQue (Adquisición de Competencias en Botánica Sistemática y Conservación). Desde ACBoSQue se trabaja de manera coordinada en la lucha contra “la ceguera por las plantas” o “plant blindness”, entendida como la falta de reconocimiento y valoración de la diversidad vegetal en sentido amplio (Wandersee y Schussler, 1999) e incluyendo “la ceguera fúngica” (Torres-Parras et al., 2025). Para

evitar esta ceguera, este grupo desarrolla acciones de sensibilización y recursos didácticos basados en la gamificación (Acedo et al., 2021; Alfaro-Saiz et al., 2024; Lence et al., 2021; Pérez-González et al., 2024; Trobajo et al., 2021), entre otras estrategias, con el fin de facilitar y favorecer tanto el aprendizaje como la concienciación sobre la conservación de los recursos vegetales que nos rodean.

Las actividades que ACBoSQue lleva a cabo en la Expociencia Unileón ofrecen a los estudiantes universitarios la oportunidad de convertirse en divulgadores, fortaleciendo así su formación académica y las competencias docentes. Al mismo tiempo, estas actividades suponen para la ciudadanía y los escolares tanto de primaria como de secundaria, una vía de acceso cercano, atractivo y comprensible al conocimiento científico (Fernández, 2020; Moreda, 2010). Es importante resaltar que este tipo de iniciativas no solo favorecen el aprendizaje activo sino que también pueden emplearse como estrategias de divulgación científica, porque acercan el conocimiento generado en las instituciones de educación superior a la ciudadanía. Informar y hacer partícipe a la sociedad de la ciencia es fundamental para que las personas puedan involucrarse de manera crítica y responsable en la toma de decisiones que afectan al mundo que les rodea (Masache et al., 2025; Montejo et al., 2025).

Al participar en los talleres de la Expociencia Unileón, los alumnos no solo consolidan el conocimiento teórico adquirido a lo largo de sus años de formación, sino que también aplican los principios de la investigación científica en proyectos tangibles tal y como se ha visto ya en otros trabajos (Noblega, 2025; Retana et al., 2018). Esta metodología promueve habilidades como la comunicación oral y la explicación y defensa de ideas ante un público de formación diversa (Ventura y Pozo, 2025). Con estas iniciativas, los estudiantes se convierten además en educadores, lo que profundiza su propio entendimiento del tema y fomenta la confianza en sus habilidades (Castro y Pérez, 2023, 2023). Este tipo de actividades no solo muestran la ciencia, sino que también la construyen a través de la interacción social y el trabajo en equipo, haciendo del aprendizaje un proceso significativo y memorable (Castro y Pérez, 2023).

En los últimos años, se ha visto que la gamificación aplicada a la docencia permite mejorar la motivación y el aprendizaje del alumnado (Lence et al., 2021; Prieto, 2020; Trobajo et al., 2021). En concreto, en muchas de las actividades desarrolladas en la Expociencia Unileón, la gamificación ha jugado y juega un papel fundamental en el desarrollo de la mayoría de los talleres y actividades propuestas (UCC+I-Universidad de León, s. f.). La gamificación implica incorporar elementos, mecánicas y dinámicas propias de los juegos en contextos no lúdicos (Deterding et al., 2011; Trobajo et al., 2021) pero además permite, por un lado, planificar estrategias orientadas a aplicar, afianzar y ampliar conocimientos ya adquiridos y, por otro lado, favorecer el

desarrollo de competencias en el estudiantado (Rodríguez-Herrera et al., 2019). Entre las múltiples opciones existentes, los escape rooms se han consolidado como una de las formas más extendidas y reconocibles de gamificación, además de constituir una alternativa de ocio cada vez más habitual (López-Pernas et al., 2019). En este sentido, existen numerosos ejemplos de su aplicación en el ámbito docente tanto en los distintos niveles educativos como en las diversas titulaciones (Moreno et al, 2020; Navas, 2024; Trobajo et al., 2021), que evidencian el aumento significativo de la motivación del alumnado y del aprendizaje activo (Calvo y López, 2021; Navas, 2024).

Objetivos

Con la participación de los estudiantes en la Expociencia Unileón queremos potenciar el aprendizaje del alumnado mediante su participación activa en este evento con el fin de afianzar y relacionar los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación, así como favorecer la adquisición de competencias comunicativas y sociales, además de las científicas. De este modo, se trabaja en fomentar la vocación científica del alumnado, a la vez que se trabaja la cultura científica de la sociedad para combatir la ceguera botánica a distintos niveles.

MÉTODO

Sujetos

Entre los años 2018 y 2025 se han celebrado seis ediciones de la Expociencia Unileón en la ciudad de León y cinco en la ciudad de Ponferrada, estando prevista la séptima edición para febrero de 2026. En concreto, en la edición de 2025 han sido 52 los talleres desarrollados en el Campus de León y 11 los talleres realizados en la ciudad de Ponferrada (UCC+I-Universidad de León, s. f.).

En los talleres, participan tanto profesores-investigadores como estudiantes voluntarios pertenecientes a la comunidad universitaria. Cada taller es diseñado y preparado por los profesores-investigadores, quienes seleccionan los contenidos y los materiales científicos con el objetivo de acercar su trabajo a la sociedad y mostrar su relevancia para la toma de decisiones informadas sobre cuestiones ambientales y sociales. Los estudiantes que participan en los talleres desarrollados por nuestro grupo ACBoSQue pertenecen a diversos grados (Biología, CCAA y Educación Social) y másteres de la Universidad de León (MU Investigación de la Diversidad Botánica y Zoológica y MU de Formación del Profesorado del módulo de Biología y Geología). Para estos alumnos, la Expociencia juega un papel doble en su formación ya que, por un lado, les sirve para aprender porque inicialmente participan realizando los talleres como visitantes y, por otro, una vez entendidos los conceptos y la filosofía de cada prueba, además de la dinámica de las mismas, se convierten en docentes mostrando, explicando y debatiendo los talleres a los visitantes. Esta dinámica favorece no solo el

aprendizaje activo y la adquisición tanto de competencias comunicativas como didácticas, sino también la implicación directa en actividades de divulgación científica.

Instrumentos

Los talleres se basaron en dinámicas de gamificación, concretamente los breakouts, combinando elementos lúdicos con contenidos científicos centrados en diversos aspectos botánicos. En el presente trabajo nos fijamos en los talleres ofrecidos por parte de los grupos de investigación TACOBI y ATMOSENV en las ediciones de la Expociencia Unileón. En la figura 1, se observa el proceso de preparación de las actividades, puesta en práctica y resultados de los participantes.

Figura 1. Fases de preparación de los talleres, desarrollo y recogida de resultados



El primero de estos talleres se centra en el conocimiento, la conservación y la divulgación de la biodiversidad vegetal y fúngica. Para ello, se empleó el breakout “Rompiendo candados de los reinos invisibles: llave para la conservación botánica”, estructurado en cinco pruebas temáticas dedicadas a distintos grupos botánicos: algas, hongos, líquenes, gimnospermas y angiospermas. Además de los candados y tarjetas propios de la dinámica, se utilizaron materiales de apoyo como microscopios y lupas para la observación de ejemplares; muestras vivas o conservadas de especies de los diferentes grupos botánicos; cartelería e infografías ilustrativas, maquetas y ejemplares de los grupos biológicos tratados, lupas y microscopios, así como diverso material interactivo.

Por su parte, el segundo de ellos “¿Sólo respiramos aire?” muestra la presencia de partículas bióticas en el aire que nos rodea indicando que estas partículas causan problemas en la salud, el clima, los ecosistemas, el patrimonio, etc., y juegan un papel fundamental en la agricultura, la arqueología o la formación de nubes y de lluvia. Para su realización, se utilizaron también materiales de diversa naturaleza como plantas frescas con flor, infografías ilustrativas, gráficos de barras, mapas con rutas señaladas, maquetas de granos de polen, preparaciones de partículas que hay en el aire, lupas, microscopios y captadores de partículas presentes en el aire.

Procedimiento

La Expociencia Unileón se desarrolla a lo largo de 3 días entre semana, en los que las mañanas están reservadas a centros educativos de León provincia e incluso de provincias vecinas, mientras que por las tardes se abre la participación al público en general.

En el primero de los talleres, el desarrollado por el grupo de investigación TACOBI, los visitantes participan en el breakout “Rompiendo candados de los reinos invisibles: llave para la conservación botánica” donde se dan respuesta a preguntas como ¿Cuáles son las claves para conservar la biodiversidad botánica? ¿Cómo nos afecta la pérdida de esta biodiversidad? De este modo, la actividad promueve descubrir la riqueza botánica y las amenazas que la ponen en riesgo, resolviendo varias pruebas que introducirán a los participantes en los reinos invisibles y así entender las claves para su conservación. El taller comienza con la proyección de un video en el que se utiliza la narrativa que pone en situación a los participantes y les pide que “como botánicos por un día” ayuden a la resolución del problema global de la pérdida de biodiversidad como consecuencia de la actividad antrópica. En cada una de las 5 actividades deben conseguir una tarjeta que colocarán en un tablero final “el círculo de la vida” para conformar el acertijo o mensaje final. Cada actividad se centra en un grupo botánico desde diferentes puntos de vista y con un desarrollo diferente. Se propone un conjunto de pruebas educativas basadas en juegos y retos diferentes en cada prueba y que, a través del estudio de algas, hongos, líquenes, gimnospermas y angiospermas, fomentan el aprendizaje activo sobre la biodiversidad y la conservación de especies. Al final de cada prueba los participantes consiguen un código con el que abren candados y obtienen tarjetas que colocan en el árbol de la vida final, de modo que se completa el lema del taller “Conocer para conservar”.

El segundo taller, desarrollado por el grupo ATMOSENV quiere dar respuesta a la pregunta “¿Sólo respiramos aire?”. Para ello, se realizan varios juegos con el objetivo de encontrar al grano de polen causante de la alergia de una supuesta niña de 12 años. Estos juegos combinan conocimientos botánicos con diferentes aspectos de otras disciplinas científicas como son la meteorología y la cartografía, para que, junto con el pensamiento crítico de cada jugador, se descubra al culpable de la enfermedad. Se trata, por tanto, de un juego educativo en el que el participante debe resolver un caso clínico ficticio relacionado con una reacción alérgica. A través de distintas pruebas y pistas (como un calendario polínico real, un mapa de recorridos por la ciudad de León, datos meteorológicos y la observación de granos de polen al microscopio) el jugador debe descubrir qué planta causó la alergia, en qué día ocurrió y en qué lugares estuvo la protagonista. La finalidad del juego es aprender de forma interactiva cómo se relacionan la polinización, las condiciones ambientales y los recorridos diarios con las reacciones alérgicas, desarrollando habilidades de

observación, análisis y deducción científica. De esta manera se pone de manifiesto el lema del taller “Conocer para cuidarse”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde la primera edición en 2018, el número de talleres ofrecidos se ha incrementado notablemente, tanto en el campus de León como en el de Ponferrada (Figura 2). Esta situación se ha visto propiciada por el aumento de investigadores y voluntarios interesados en participar, que ha ido en aumento (Figura 3), lo que ha posibilitado ofrecer una mayor oferta formativo/divulgativa atrayendo a los visitantes año tras año (Figura 4). Todo ello muestra que la Expociencia Unileón se ha consolidado como un espacio de divulgación científica en el que participan un gran número de investigadores y estudiantes voluntarios de la Universidad de León, público general y centros educativos de León y provincias cercanas, como Zamora y Asturias (UCC+I-Universidad de León, s. f.). Pero no debemos dejarnos cegar por los números, es importante analizar el impacto educativo y el entusiasmo generado entre todos los agentes implicados (Galán, 2003). La divulgación científica se convierte en una herramienta que permite fomentar el pensamiento crítico, la curiosidad y la valoración del conocimiento por la sociedad (Buitrago y Torres-Ortíz, 2022; Lazcano-Peña et al., 2019; Polinario, 2016).

Figura 2. Número de talleres desarrollados en cada edición de la Expociencia Unileón, tanto en el campus de León como en el de Ponferrada (UCC+I-Universidad de León, s. f.)

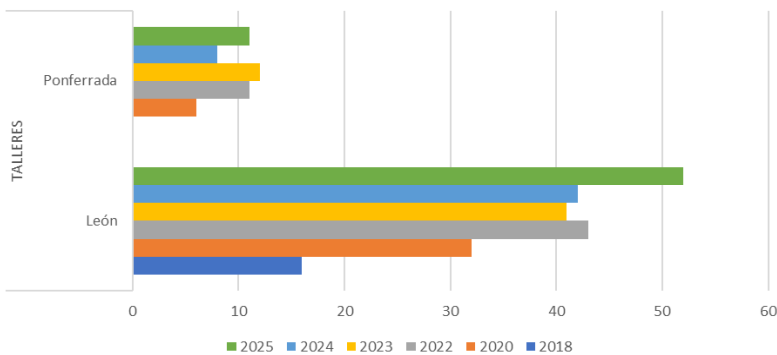


Figura 3. Número de investigadores y voluntarios participantes en las diferentes ediciones celebradas de la Expociencia Unileón, tanto en el campus de León como en el de Ponferrada (UCC+I-Universidad de León, s. f.)

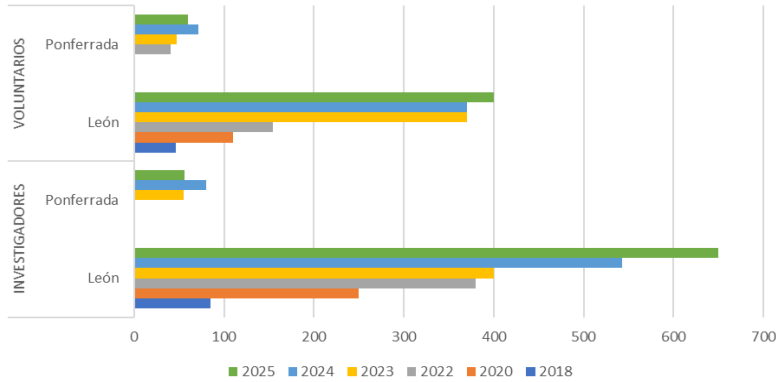
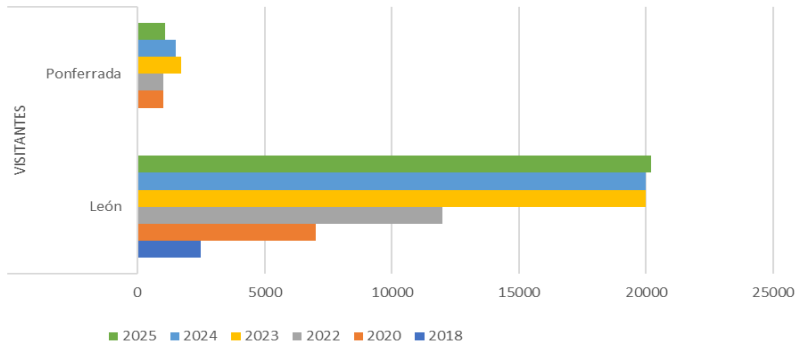


Figura 4. Número de visitantes estimados que han visitado la Expociencia Unileón en las diferentes ediciones celebradas, tanto en el campus de León y en el de Ponferrada (UCC+I-Universidad de León, s. f.)



Las actividades de divulgación científica presentan una gran aceptación por parte de la sociedad, demandante de conocimientos y de la aplicación de las mismas, especialmente interesante para tener ciudadanos capaces de valorar opciones y tomar decisiones responsables (Ballesteros-Ballesteros y Gallego-Torres, 2022; Vinck, 2015). Si además se combina con actividades gamificadas, la motivación aumenta considerablemente (Calvo y López, 2021).

Desde el punto de vista de los estudiantes, estos adquieren y/o fortalecen sus conocimientos sobre los diferentes temas desarrollados, completando su aprendizaje, para posteriormente pasar a la fase de enseñanza, enfrentándose al reto de explicar y responder a las dudas de los participantes. Con estos talleres el estudiantado no sólo completa su aprendizaje, sino que lo reflexiona y lo refuerza, ya que la explicación conlleva la integración completa de lo aprendido y la capacidad de transmitirlo

explicándolo a un público con formación diversa. Ello supone un ejercicio importante para su futuro como docentes porque la participación en este tipo de actividades permite desarrollar habilidades comunicativas, reflexivas y pedagógicas esenciales para su posible y futura labor educativa (Ventura y Pozo, 2025). Por un lado, los estudiantes del Máster de Formación del Profesorado han analizado cómo podrían aplicar algunas actividades en su futura práctica docente, consolidando la transmisión de conocimientos y desarrollando competencias propias de un futuro educador. Por otro lado, los estudiantes de Educación Social han realizado propuestas de adaptación de las actividades, orientadas a su implementación con distintos grupos sociales. Entre otros, se han diseñado talleres inclusivos para personas con discapacidad intelectual, garantizando la accesibilidad y la participación activa de todos los públicos. En cuanto a los alumnos de los grados en Biología y CCAA, así como del Máster en Investigación de la Diversidad Botánica y Zoológica, han utilizado los conocimientos adquiridos y los han ampliado para atender preguntas del público, resolver cuestiones y situaciones inesperadas, fortaleciendo el aprendizaje experiencial y la capacidad de aplicar la teoría a situaciones prácticas. La divulgación científica, a través de la figura del divulgador, crea discursos accesibles para públicos no expertos mediante la traducción y adaptación del lenguaje especializado para hacerlo comprensible y accesible a un público lego (Bolet, 2015).

Las actividades desarrolladas, además de la narrativa y las explicaciones aportadas, necesitan de la manipulación y observación, con lo que se trabaja de forma importante el aprendizaje de los participantes y la adquisición efectiva de conocimientos, ya que la manipulación favorece la retención y comprensión de la información escuchada (Fesharaki, et al., 2016; Gallace y Spence, 2020). De forma integral, se demuestra que la participación activa de los estudiantes en la Expociencia no sólo consolida sus conocimientos, sino que también fomenta la cultura científica en la sociedad y la motivación hacia la ciencia, constituyendo un modelo replicable de enseñanza y divulgación científica integradora.

Con todos los alumnos participantes, y una vez finalizada la Expociencia, se realiza una recogida de opiniones y propuestas de mejora por parte del alumnado implicado, lo que permite optimizar los talleres desde múltiples perspectivas. Como acciones de mejora se podría incluir la implementación de evaluaciones sistemáticas, tanto entre el público general asistente como entre el estudiantado voluntario, la formación específica en adaptación de actividades a públicos diversos, y la documentación de buenas prácticas para facilitar su replicabilidad en otros contextos educativos.

CONCLUSIONES

La realización de esta actividad permitió constatar que la transmisión de la ciencia a la sociedad, cuando se lleva a cabo de manera voluntaria, adquiere un valor especial, pues se fundamenta en el interés genuino por compartir el conocimiento y acercar la labor científica a la comunidad. El éxito alcanzado no se mide únicamente por la cantidad de participantes o la difusión obtenida, sino por el impacto educativo y el entusiasmo generado tanto en el público como en los divulgadores. Esta experiencia demuestra que la ciencia, cuando se comunica con compromiso y vocación, se convierte en una herramienta poderosa para fomentar el pensamiento crítico, la curiosidad y la valoración del conocimiento en la sociedad.

Los estudiantes se dieron cuenta de la importancia de adaptar el discurso científico al tipo de público al que se dirige la explicación. Ellos mismos reconocieron que la comunicación efectiva del conocimiento requiere no sólo dominio del contenido, sino también sensibilidad para ajustar el lenguaje, los ejemplos y los recursos didácticos a las características de cada audiencia.

Estos talleres representan una valiosa oportunidad formativa para los estudiantes, ya que promueve en los futuros docentes la reflexión sobre su papel como mediadores del saber y fortalece sus competencias comunicativas y pedagógicas las cuales son esenciales para una enseñanza de la ciencia significativa, accesible, entendida y aplicada para y por todos.

Las actividades de divulgación científica realizadas de forma voluntaria y con un enfoque didáctico demuestran ser una herramienta eficaz para acercar la ciencia a la sociedad. La adaptación del lenguaje y de las estrategias de comunicación según el público destinatario permite que los ciudadanos comprendan mejor los conceptos científicos y valoren el papel que la ciencia desempeña en su vida cotidiana.

En conjunto, estas iniciativas fortalecen el vínculo entre la comunidad científica, el ámbito educativo y la sociedad, promoviendo una cultura científica más participativa y accesible para la sociedad en la que vivimos.

Agradecimientos

Proyecto parcialmente financiado con cargo al Plan Propio de financiación de los GID de la Universidad de León, promovido por la Escuela de Innovación y Docente, Formación y Evaluación del Profesorado, concedido en la convocatoria 2024.

REFERENCIAS

Acedo, C., Alonso-Felpete, J. I., Ferrero, V., Fernández-Salegui, A. B., Vega-Maray, A. M., Alfaro-Saiz, E., Lence, C., Trobajo, S., Santamarina, S., y Lois Madera, R. (2021). Disfrutar y cooperar en competición: una conexión real entre los estudiantes y las disciplinas en tiempos raros para la enseñanza. LBULE 2021. En Á. Martos Martínez, A. B. Barragán Martín, M. del M. Molero Jurado, M. del C. Pérez Fuentes, M. del M. Simón Márquez y J. J. Gázquez Linares (Eds.),

Innovación docente e investigación en ciencias, ingeniería y arquitectura: nuevos enfoques en la metodología docente (pp. 33–48). Dykinson.

Alfaro-Saiz, E., Rodríguez Fernández, S., Melero Castellot, A. P., Rubio Reinares, C., Acedo, C., Lois Madera, R., Rodríguez Fernández, A., Pérez González, R., Vega Maray, A. M., y Fernández Salegui, A. B. (2024). Innovación en educación: Biomaratón en acción. En M. del M. Molero Jurado, J. J. Gázquez Linares, Á. Martos Martínez, P. Molina Moreno, y S. Fernández Gea (Coords.), *Innovación docente e investigación en ciencias, ingeniería y arquitectura: Desafíos de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior* (pp. 373–385). Dykinson.

Ballesteros-Ballesteros, V. y Gallego-Torres, A. P. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 14(26). <https://doi.org/10.22430/21457778.1855>

Bolet, F. J. (2015). Difusión y divulgación de la ciencia: orígenes históricos y rasgos discursivos diferenciadores. *Revista Electrónica Latinoamericana de Estudios Sociales, Históricos y Culturales de la Ciencia y La Tecnología*, 1(1), 3–32.

Buitrago, A. y Torres-Ortiz, L. (2022). Divulgación científica en YouTube: comparativa entre canales institucionales vs. influencers de ciencias. *Fonseca, Journal of Communication*, 24, 127–148. <https://doi.org/10.14201/fjc.28249>

Calvo, V. y López, M. I. (2021). University classroom gamification: a “reverse escape room” experience. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 19(1), 45-74. <https://doi.org/10.4995/redu.2021.15666>

Castro, V. C. y Pérez, N. (2023). Las ferias de ciencias y su aporte al fortalecimiento de competencias científicas. *Bio-grafía*, 16, nº Extraordinario.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. En ACM (ed.), *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15). New York: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2181037.21810>

Fernández, A. (2020). Entornos de aprendizaje para el desarrollo profesional docente. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 18(1), 169–191. <https://doi.org/10.4995/redu.2020.13145>

Fesharaki, O., García Frank, A., Iglesias Álvarez, N., Gómez Heras, M., Martín Perea, D. M., y Rico Arjona, R. (2016). Diseño universal y materiales multisensoriales en las actividades de divulgación de Geodivulgar con la asociación Ciencia sin Barreras. *Geo-Temas*, 16(1), 729-732.

Galán, C. (2003). " La ciencia en zapatillas": análisis del discurso de divulgación científica. *Anuario de Estudios Filológicos*, 26, 137-156.

Gallace, A. y Spence, C. (2020). A memory for touch: The cognitive psychology of tactile memory. En H. J. Chatterjee (Ed.), *Touch in Museums: Policy and practice in object handling* (pp.163-186). Routledge

Gripp, P. y Machado, A. (2020). Cambios discursivos sobre ciencia en Brasil y Uruguay en el siglo XX: de la comunicación entre especialistas a las primicias de la popularización científica. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 26(1), 85–94. <https://doi.org/10.5209/esmp.67288>

Lazcano-Peña, D., Viedma, G. C., y Alcaíno, T. V. (2019). Comunicación de la Ciencia desde la Mirada de los Investigadores Universitarios: entre el Indicador y la Vocación. *Formación Universitaria*, 12(6), 27-40. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062019000600027>

Lence, C., Fernández-Salegui, A. B., Alfaro-Saiz, E., Vega-Maray, A. M., Ferrero, V., Trobajo, S., Santamarina, S., Lois, R., Alonso Felpete, J. I., y Acedo, C. (2021). Gamificación orientada a la adquisición de competencias específicas en el estudio de la diversidad botánica: El bingo de familias botánicas. En Á. Martos Martínez, A. B. Barragán Martín, M. del M. Molero Jurado, M. del C. Pérez-Fuentes, M. del M. Simón Márquez y J. J. Gázquez Linares (Comps.), *Innovación docente e investigación en ciencias, ingeniería y arquitectura: Nuevos enfoques en la metodología docente* (pp. 373–385). Dykinson.

López-Pernas, S., Aldo, E. B., y Quemada, J. (2019). Propuesta y validación de una metodología para el uso de escape rooms educativas mediante una plataforma web. En *Actas de Jornadas de Innovación Educativa UPM 2019* (pp. 1–4). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

Masache, D. C., Andi Grefa, F. D., Oña Ulquiango, G. C., Chiliquinga Chicaiza, E. B., Masache Solano, C. C., y Mena Granja, A. G. (2025). Environmental science literacy: innovative methodologies for ecological education. *South Florida Journal of Development*, 6(2), 1-15. <https://doi.org/10.46932/sfjdv6n2-003>

Monge S, J. A., Camacho, M. M., y Retana, D. A. (2018). Desarrollo de la Feria de Ciencia y Tecnología y sus aportaciones en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Experimentales en la Educación Primaria de Costa Rica. En Peixoto, A., Oliveira, J., Gonçalves, J., Neves, L. y Cruz, R. (Eds.), *Educação em Ciências em múltiplos contextos - Atas do XVII Encontro Nacional de Educação em Ciências, XVII ENEC, I Seminário Internacional de Educação em Ciências, I SIEC* (pp. 23-33). Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Escola Superior de Educação.

Montejo, E., Mora, L., y Arrechea, J. (2025). Feria de ciencia: contribución a la formación profesional para la promoción de la cultura científica. *Varona*, 84.

Moreda, M. C. (2010). Acercar la ciencia con la “Expociencia”. *eCO. Revista Digital de Educación y Formación del Profesorado*, 7.

Moreno-Fernández, O., Hunt-Gómez, C. I., Ferreras-Listán, M., y Moreno-Crespo, P. (2020). Los Escape Rooms como recurso didáctico inclusivo y motivacional en las aulas de primaria: Un estudio desde la perspectiva del profesorado en formación inicial. *Revista Prisma Social*, (31), 352-367.

Navas, C. (2024). Transforming Higher Education: The Power of Educational Breakouts. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–19. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-961>

Nobleaga, H. (2025). Mini Feria de Ciencias: Estrategia Innovadora para la Integración Teórico -Práctica en el Laboratorio de Física. *Journal of Humanities Titicaca*, 4(1). <https://doi.org/10.70123/jht.94>

Perdomo, B. y Cortázar, J. C. (2024). Divulgación científica en YouTube en países hispanoamericanos: Youtubers vs canales institucionales. *Revista Mediterránea de Comunicación: Mediterranean Journal of Communication*, 15(1), 79-95.

Pérez González, R., Rodríguez Fernández, S., Melero Castellot, A. P., Rubio Reinares, C., Lois Madera, R., Rodríguez Fernández, A., ... Fernández Salegui, A. B. (2024). ¡Liquenédex, hazte con todos! Nuevas metodologías para la enseñanza de los líquenes. En M. M. Molero Jurado, J. J. Gázquez Linares, Á. Martos Martínez, P. Molina Moreno y S. Fernández Gea (Coords.),

Innovación docente e investigación en ciencias, ingeniería y arquitectura: Desafíos de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior (pp. 409-419). Dykinson.

Polinario, J. (2016). *Cómo divulgar ciencia a través de las redes sociales*. Círculo Rojo.

Prieto, J. M. (2020). Una revisión sistemática sobre gamificación, motivación y aprendizaje en universitarios. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 32(1), 73–99.

Retana, D. A., Vázquez, B., y Camacho, M. M. (2018). Science and Technology Fairs of Costa Rica and their contributions to Secondary Education. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2), 309-352.

Rodríguez-Herrera, M. Á., San José Tárrega, J., Casaña Mohedo, J., Valera Lloris, R., Trujillo Barbera, S., Ortega Pérez de Villar, L., y Esteve Claramunt, F. (2019). *Escape (class) room: incorporación de la gamificación en las aulas universitarias*. XVI Jornadas de Innovación Universitaria, Universidad Europea.

Trobajo, S., Fernández-Salegui, A. B., Santamarina García, S., Lois Madera, R., Alfaro-Saiz, E., Lence Paz, C., Ferrero Vaquero, V., Alonso Felpete, J. I., Vega Maray, A. M., y Acedo, C. (2021). Metodologías breakout en la enseñanza-aprendizaje de los líquenes: nuevos avances [Póster]. En M. del C. Pérez Fuentes, M. M. Molero Jurado, Á. Martos Martínez, A. B. Barragán Martín, M. del M. Simón Márquez, & J. J. Gázquez Linares (Coords.), *Actas del III Congreso Internacional de Innovación Docente e Investigación en Educación Superior: cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Áreas del Conocimiento* (Vol. 3, p 45).

UCC+I-Universidad de León. (s. f.). *Expociencia en la Universidad de León*. <https://culturacientifica.unileon.es/expociencia/>

Vásquez, D. A. L. y Villegas, D. M. L. (2020). Competencias científicas en docentes de la ciudad de Medellín, Colombia: Análisis desde la formación docente Scientific competences in Teachers in the city of Medellin, Colombia. *Cultura, Educación y Sociedad*, 11(1), 39-54. <http://dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.10.2.2020.3>

Ventura, C. y Pozo Puértolas, R. (2025). Comunicación en ciencia: Puente para una ciudadanía informada. *Gráfica*, 13(25), 13–19. <https://doi.org/10.5565/rev/grafica.422>

Vinck, D. (2015). *Ciencias y sociedad: sociología del trabajo científico*. Gedisa Editorial.

Wandersee, J. H. y Schussler, E. E. (1999) Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82-86. doi: 10.2307/4450624

CAPÍTULO 23

PERCEPCIONES DE FUTUROS MAESTROS SOBRE UNA EXPERIENCIA CON ROBÓTICA PARA TRABAJAR EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN MATEMÁTICAS

JAIME GARCÍA MONTALBÁN* Y BELÉN GARCÍA MANRUBIA**

**ISEN, Facultad adscrita a la Universidad de Murcia; **Universidad de Murcia*

INTRODUCCIÓN

La necesidad de desarrollar el pensamiento computacional es una prioridad en el sistema educativo actual, incluyéndose tanto en los contenidos como en las competencias curriculares del área de Matemáticas de Educación Primaria. Esto hace fundamental la formación de los futuros maestros en este aspecto para su correcta enseñanza en el aula. Para lograrlo, la robótica educativa se ha consolidado como una herramienta pedagógica eficaz, aunque su implementación exitosa depende de distintos factores que el presente estudio busca abordar.

El pensamiento computacional como competencia educativa emergente

El desarrollo de la informática, las tecnologías y las comunicaciones ha traído consigo cambios económicos y sociales. Todo ello se ve reflejado en las expectativas de los estudiantes y en las distintas necesidades que surgen a la hora de diseñar los currículos educativos (Chen et al., 2017; Durak y Saritepeci, 2018; Llanos-Ruiz et al., 2023; Marcelino et al., 2018; Swaid, 2015; Videnovik et al., 2024; Yadav et al., 2014).

Uno de los elementos más destacados en los últimos tiempos es el pensamiento computacional. La computación lleva consigo numerosas tecnologías que forman parte de la sociedad actual (Yadav et al., 2014). Además, debe tenerse en cuenta cómo el pensamiento computacional ha ido adquiriendo terreno en otras áreas de conocimiento como la biología, el análisis de datos o la estadística, estando también detrás de estrategias de razonamiento utilizadas en el día a día (Swaid, 2015; Wing, 2006).

Sin embargo, con el término pensamiento computacional, los científicos abarcan más que la simple programación de un ordenador. Para trabajarlo, entre otras habilidades, se requiere pensar en muchos niveles de abstracción (Wing, 2006). El pensamiento computacional implica habilidades relacionadas con la resolución de problemas y el pensamiento crítico como resultado de la capacidad de procesamiento de información que se adquiere al trabajar esta habilidad (Durak y Saritepeci, 2018; Grover y Pea, 2013).

El pensamiento computacional puede interpretarse como el uso de un tipo de razonamiento específico para llegar hasta una solución. Este razonamiento incluye la planificación, el aprendizaje y la secuenciación de tareas, teniendo en cuenta que existe una incertidumbre a resolver, así como la capacidad de interpretar, diseñar algoritmos, considerar la estética de la resolución o incluso su eficiencia o creatividad (Chen et al., 2017; Kucuk y Sisman, 2017; Wing, 2006).

Por su utilidad en el futuro laboral y social de los estudiantes, el pensamiento computacional debe ser incluido entre las habilidades analíticas que deben poseer los estudiantes desde edades tempranas tales como la lectura, la escritura o la aritmética (Wing, 2006). Es por ello que deben diseñarse currículos orientados al desarrollo del pensamiento computacional (Kong et al., 2018; Swaid, 2015).

Para lograr este desarrollo, es clave adoptar estrategias pedagógicas adaptadas a las nuevas generaciones, con el fin de aumentar su motivación y fomentar las habilidades que demanda la sociedad del futuro (Videnovik et al., 2024). Esto es aún más relevante cuando existe una escasez de programadores y especialistas en informática en el mercado laboral actual (Mladenović et al., 2021).

La tecnología puede ser un elemento muy motivador para los estudiantes en materias STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), despertando también su creatividad, ya que los procesos de diseño requieren el uso de pensamiento creativo para ser resueltos (Kong et al., 2018; Kucuk y Sisman, 2017).

Robótica educativa y programación por bloques en Primaria

En los últimos años la robótica educativa se ha erigido como una forma de atraer a los estudiantes hacia las asignaturas STEM desde edades tempranas hasta la Universidad (Xia y Zhong, 2018). Esta es una valiosa herramienta cuando lo que se pretende es desarrollar las habilidades cognitivas y sociales de los estudiantes, razón por la cual ha logrado hacerse un hueco desde los centros escolares hasta las universidades (Kucuk y Sisman, 2017). El trabajo con robots en el aula tiene un gran impacto en el aprendizaje de los estudiantes, mejorando su desarrollo personal, cognitivo, metacognitivo y social (Kucuk y Sisman, 2017).

Este nuevo recurso ha traído consigo cambios metodológicos que se han introducido en las diferentes programaciones de numerosas asignaturas a lo largo de la Educación Primaria, especialmente en aquellas materias técnicas o matemáticas (Carlborg et al., 2019). Incorporar la robótica en el currículo busca fortalecer el pensamiento, la resolución de problemas y el espíritu emprendedor, formando ciudadanos más competentes en un entorno laboral cada vez más competitivo (Carlborg et al., 2019; Videnovik et al., 2024).

De forma complementaria, los estudiantes desarrollan a su vez otras habilidades transversales como la colaboración o el trabajo en equipo (Videnovik et al., 2024),

como así demuestran algunos estudios que ponen de manifiesto que, cuando se trabaja con robótica los estudiantes toman diferentes roles dependiendo de la situación para afrontar los problemas que se les presentan (Kucuk y Sisman, 2017). Desde el plano emocional, el pensamiento computacional puede ser también un elemento clave para la motivación de los estudiantes en general (Grover y Pea, 2013; Shute et al., 2017).

Las plataformas que son utilizadas para enseñar programación emplean entornos de programación basados en bloques, programación orientada a objetos o las llamadas actividades desconectadas (Videnovik et al., 2024).

La mayoría de los programas informáticos que se utilizan hoy en día para enseñar programación usan un entorno de programación basado en bloques (Carlborg et al., 2019), siguiendo el modelo de Scratch. Esta forma de programar resulta especialmente adecuada para los estudiantes que se inician en el mundo de la programación (Mladenović et al., 2021). Scratch es un entorno de programación y un lenguaje desarrollado para niños por el Grupo Lifelong Kindergarten del MIT Media Lab (Scratch, s.f.).

El pensamiento computacional no solo se desarrolla mediante el uso de robots, sino también a través de actividades desconectadas, que prescinden de tecnología y permiten su enseñanza a todo el alumnado, independientemente de su acceso a recursos digitales (Videnovik et al., 2024).

Percepción del profesorado en formación sobre el pensamiento computacional

Es importante que el pensamiento computacional llegue a los docentes de distintas áreas del conocimiento, favoreciendo el trabajo interdisciplinar en los centros educativos (Soto-Solier et al., 2023; Yadav et al., 2014). De acuerdo con el estudio llevado a cabo por Soto-Solier et al. (2023), de forma general, los futuros maestros de Educación Primaria consideran importante que el alumnado reciba formación en robótica y reconocen los beneficios que esta puede aportar a su aprendizaje.

Para que los profesores puedan enseñar correctamente programación utilizando elementos de robótica es fundamental que entiendan la tecnología, dominen las habilidades que están enseñando y cómo aplicarlas a su práctica docente (Chalmers, 2018). Esto no es algo fácil pues los rápidos cambios que se producen en los currículos traen consigo una falta de profesorado con experiencia y conocimientos en el área de la computación (Carlborg et al., 2019). Por ello, resulta necesario promover iniciativas como la participación en comunidades educativas donde educadores y expertos en informática puedan intercambiar materiales y experiencias relacionadas con el pensamiento computacional y la robótica (Yadav et al., 2014).

El fomento del pensamiento computacional y la robótica educativa desde edades tempranas contribuye al desarrollo integral del alumnado —cognitivo, social y emocional—, al tiempo que los prepara para los desafíos de una sociedad digital en transformación. Su integración en el currículo fortalece el aprendizaje STEM y exige una formación docente sólida que favorezca una educación interdisciplinar y tecnológicamente actualizada.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar las percepciones de los futuros docentes de Educación Primaria sobre la implementación de la robótica educativa y el pensamiento computacional tras una intervención formativa. De forma específica, se busca analizar el grado de percepción de utilidad de la robótica educativa para la futura práctica docente; determinar la percepción de aprendizaje y actitud de los estudiantes hacia el pensamiento computacional y el uso de la robótica; e identificar las principales percepciones sobre dificultades o barreras que los estudiantes identifican para su implementación en el aula.

MÉTODO

Diseño y participantes

El estudio adoptó un diseño cuantitativo, no experimental, descriptivo-transversal con la participación de 79 estudiantes (26.6% mujeres) con edades comprendidas entre los 19 y los 26 años, con una media de edad de 20.9 años. Todos ellos se encontraban cursando la asignatura de “Matemáticas y su didáctica II” en el curso académico 2025/2026, ya fuese del tercer curso del Grado en Educación Primaria (57 participantes) o bien del cuarto curso del Doble Título con Itinerario Específico de Educación Primaria y Educación Infantil (22 participantes) de una universidad situada en el sureste de España.

Cabe destacar que el 87.3% había cursado Matemáticas en Bachillerato, el 39.2% había tenido alguna experiencia previa con la programación y el 41.8% tenía experiencia previa con robots.

Instrumento

Con la finalidad de evaluar los objetivos del estudio se utilizaron los instrumentos que se describen a continuación. Por un lado, para registrar las variables sociodemográficas se recogió información sobre sexo, edad, titulación, experiencia previa con programación/robótica y si habían cursado la asignatura de Matemáticas en Bachillerato. Por otro lado, se empleó un cuestionario diseñado ad-hoc para medir las variables sobre la percepción de los estudiantes hacia el uso de robótica educativa para trabajar el pensamiento computacional. Este cuestionario fue revisado y validado por un panel de expertos para asegurar la adecuación de su contenido. Este instrumento se estructuró en tres subescalas (Tabla 1), cuyos ítems fueron valorados

mediante una escala Likert de 5 puntos (donde 1 = Totalmente en desacuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo).

Tabla 1. Cuestionario sobre percepciones del estudiante hacia el uso de robótica educativa para trabajar el pensamiento computacional

Subescala	Ítems
Percepción de utilidad para su futura docencia	Ítem 1. Me siento motivado/a para incluir actividades de robótica orientadas al pensamiento computacional en mis clases futuras.
	Ítem 2. Considero que estas herramientas son comprensibles y manipulables por alumnado de Educación Primaria.
	Ítem 3. Considero que trabajar pensamiento computacional con robótica facilita el aprendizaje significativo en Primaria.
Percepción sobre su aprendizaje y actitud sobre pensamiento computacional y la robótica	Ítem 4. Esta actividad me ha ayudado a comprender mejor los conceptos básicos del pensamiento computacional.
	Ítem 5. Me siento preparado/a para diseñar y realizar actividades de pensamiento computacional para Educación Primaria.
	Ítem 6. Me gustaría recibir más formación para trabajar pensamiento computacional a través de robótica y programación por bloques.
	Ítem 7. Me resulta atractiva la idea de trabajar el pensamiento computacional mediante robótica educativa.
Percepción sobre dificultades	Ítem 8. Considero que los recursos materiales pueden ser una limitación para aplicar estas actividades en centros escolares.
	Ítem 9. Creo que la falta de formación docente es un obstáculo para trabajar pensamiento computacional.
	Ítem 10. Me preocupa el tiempo necesario para preparar y aplicar estas actividades en el aula.

La primera subescala, Percepción de utilidad para su futura docencia (3 ítems), busca recoger el grado en que los estudiantes valoran la relevancia y aplicabilidad de la robótica educativa como recurso didáctico en la etapa de Educación Primaria. La segunda dimensión, Percepción sobre su aprendizaje y actitud hacia el pensamiento computacional y la robótica (4 ítems), evalúa tanto la autopercepción del aprendizaje logrado a través de la experiencia formativa como la actitud general hacia el uso de estas tecnologías. Y, por último, la subescala Percepción sobre dificultades (3 ítems) explora las barreras que los estudiantes identifican para la implementación real en centros escolares.

La consistencia interna del instrumento se evaluó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach. La fiabilidad de la escala global fue considerada excelente, obteniendo un valor de $\alpha=.894$. Asimismo, la consistencia interna de las subescalas demostró ser adecuada para la medición de sus respectivos constructos: Percepción de utilidad para su futura docencia ($\alpha=.882$), Percepción sobre su aprendizaje y actitud hacia el pensamiento computacional y la robótica ($\alpha=.830$) y Percepción sobre dificultades ($\alpha=.693$), lo que respalda la coherencia de las tres dimensiones utilizadas.

Procedimiento

La intervención se realizó en dos grupos, uno de cada una de las titulaciones previamente mencionadas. Para ello, se agrupó a los estudiantes en equipos de entre cuatro y cinco integrantes, con el fin de garantizar que todos ellos tuvieran acceso a trabajar con el robot. Se contó con cuatro kits compuestos por robots “Maqueen” y placas “Micro:bit”, que eran asignados a los grupos y con los que se turnaban para trabajar.

En una primera fase, con una duración de una sesión de una hora, se introdujo a los estudiantes al entorno de programación “Microsoft MakeCode” y a los dispositivos físicos que se iban a utilizar: la placa “Micro:bit” y el robot “Maqueen”. Esta introducción incluyó la explicación de los componentes, la instalación del software y la creación de pequeños programas a modo de ejemplo. Tras ello, se proporcionó a los estudiantes una guía detallada sobre programación por bloques y robótica educativa. Finalmente, se propuso a los estudiantes una serie de retos relacionados con situaciones de la vida cotidiana que debían resolver programando adecuadamente. Tras resolver cada reto, debían presentar su propuesta al profesor para verificar que se cumplían las condiciones y que el robot efectuaba lo requerido. Esta fase tuvo una duración de dos sesiones de una hora. Al finalizar la segunda sesión de esta fase se administró el cuestionario a los estudiantes.

El instrumento fue administrado a los participantes después de la finalización de la actividad formativa. La participación en el estudio fue voluntaria, y se solicitó el permiso explícito de los estudiantes para la utilización de sus datos. En todo momento se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los participantes, conforme a las directrices éticas.

Análisis de datos

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo utilizando el software Jamovi versión 2.3.28. Se aplicó la estadística descriptiva, realizando el cálculo de frecuencias, medias y desviaciones estándar para caracterizar tanto las variables sociodemográficas como las variables sobre la percepción de los estudiantes.

RESULTADOS

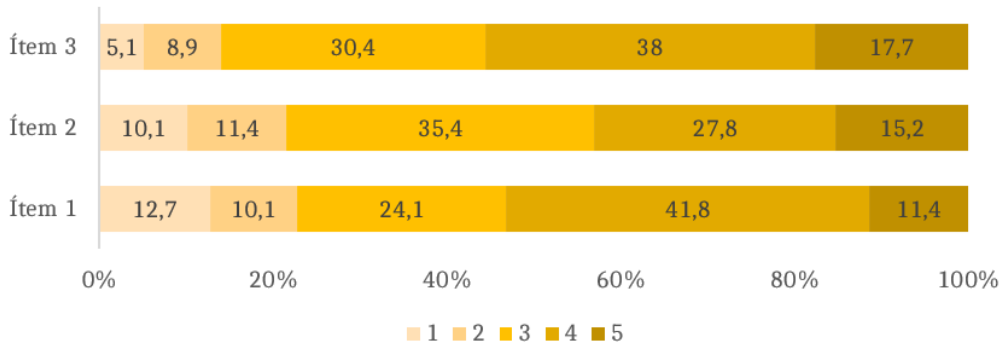
Los resultados de los estadísticos descriptivos se recogen en la Tabla 2. La Percepción sobre su aprendizaje y actitud mostró una tendencia positiva con una media de 14.0 (DT=3.56) y una mediana de 14, ambas por encima del punto medio teórico (12). Por otro lado, la Percepción sobre dificultades presentó una media de 11.5 (DT=2.56), que es más alta que el punto medio (9). En cuanto a la Percepción de utilidad para su futura docencia, esta presentó una media de 10.1 (DT=3.06), superior al punto medio (9).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos

Subescala	Media	Mediana	DT	Mín.-Máx	Rango teórico
Percepción de utilidad para su futura docencia	10.1	11	3.06	3-15	3-15 (9)
Percepción sobre su aprendizaje y actitud	14.0	14	3.56	4-20	4-20 (12)
Percepción sobre dificultades	11.5	12	2.56	2-15	3-15 (9)

En el caso de la Percepción de utilidad para su futura docencia, los resultados indican una fuerte percepción positiva sobre el valor de la robótica educativa (Gráfica 1).

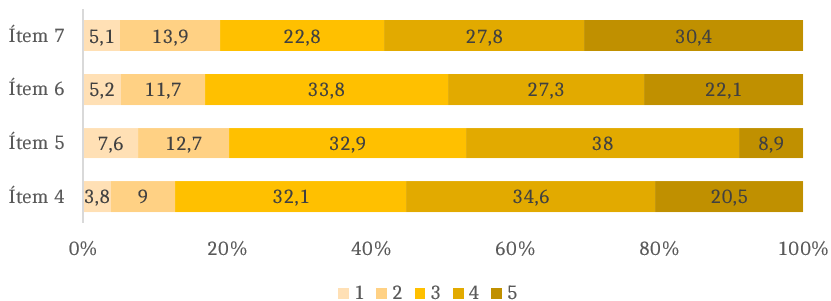
Gráfica 1. Resultados para dimensión 1



El ítem que obtuvo el mayor acuerdo fue “Considero que trabajar pensamiento computacional con robótica facilita el aprendizaje significativo en Primaria” (Ítem 3) (55.7% de acuerdo), lo que subraya la creencia en el impacto de la robótica para lograr un aprendizaje significativo. La motivación personal para la implementación futura (“Me siento motivado/a para incluir actividades de robótica orientadas al pensamiento computacional en mis clases futuras”) (Ítem 1) también fue alta (53.2%).

Continuando con la dimensión Percepción sobre su aprendizaje y actitud, esta mostró un equilibrio entre la satisfacción por el aprendizaje y una clara demanda de formación adicional (Gráfica 2).

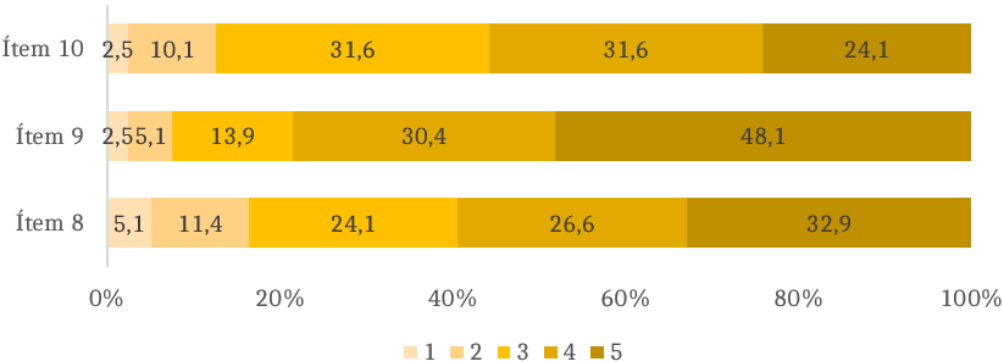
Gráfica 2. Resultados para dimensión 2



El mayor porcentaje de acuerdo se concentra en la necesidad de más formación (“Me gustaría recibir más formación para trabajar pensamiento computacional a través de robótica y programación por bloques”) (Ítem 7: 58.2%). Pese a esta demanda, la comprensión de los conceptos básicos (“Esta actividad me ha ayudado a comprender mejor los conceptos básicos del pensamiento computacional”) (Ítem 4: 55.1%) fue percibida positivamente. El ítem relacionado con la preparación para el diseño de actividades (“Me siento preparado/a para diseñar y realizar actividades de pensamiento computacional para Educación Primaria”) (Ítem 5: 46.9%) presenta el acuerdo más bajo en esta subescala, sugiriendo la necesidad de enfocarse en la aplicación práctica.

Por último, la Percepción sobre dificultades registró las puntuaciones más altas (Gráfica 3), lo que se interpreta como una alta preocupación por los obstáculos de implementación.

Gráfica 3. Resultados para dimensión 3



El obstáculo percibido como más severo es la falta de formación docente (“Creo que la falta de formación docente es un obstáculo para trabajar pensamiento computacional”) (Ítem 9), con un abrumador 78.5% de acuerdo. La preocupación por el tiempo de preparación (“Me preocupa el tiempo necesario para preparar y aplicar estas actividades en el aula”) (63.2%) también es muy significativa.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos, puede concluirse que los objetivos del estudio se alcanzaron satisfactoriamente. Respecto a la percepción de utilidad, los participantes reconocieron el valor pedagógico que la robótica puede aportar para facilitar aprendizajes significativos en las aulas de Educación Primaria, en coherencia con lo expuesto por Soto-Solier et al. (2023). Esto parece indicar que los futuros docentes valoran positivamente la incorporación de la robótica educativa como

recurso para trabajar el pensamiento computacional, mostrando una actitud favorable hacia su integración en la enseñanza de las Matemáticas.

En cuanto a las percepciones sobre el aprendizaje y la actitud, los estudiantes percibieron avances positivos en la comprensión de los conceptos relacionados con el pensamiento computacional y manifestaron su interés en continuar formándose. Sin embargo, no todos se sintieron suficientemente preparados para diseñar propuestas de forma autónoma, algo que ya adelantaba Chalmers (2018) como un desafío clave en la formación docente. Por ello, se hace fundamental no solo enseñar el “cómo”, sino también promover la confianza y la motivación de los futuros docentes para que sean capaces de aplicar estas herramientas en contextos reales, favoreciendo así la transferencia entre la Universidad y su futuro laboral con el fin de motivar a sus futuros estudiantes (Kong et al., 2018; Kucuk y Sisman, 2017).

Finalmente, en relación con las dificultades detectadas, destacaron la falta de recursos materiales y la escasa formación del profesorado, como ya adelantaba Carlborg et al. (2019), así como el tiempo requerido para implementar las propuestas. Estos resultados refuerzan la necesidad de que la formación inicial de los docentes incluya experiencias prácticas más sostenidas en el tiempo en el uso de la robótica y el pensamiento computacional, en lugar de ser actividades puntuales o aisladas en las que se presenten estos recursos como herramienta a utilizar en el aula.

En consecuencia, es necesario fortalecer determinados aspectos de la formación de los docentes en materia de robótica y pensamiento computacional. Para ello, se puede reforzar la formación práctica de diseño y aplicación de actividades reales o simuladas que mejoren la autoconfianza de estos futuros docentes, para que sean capaces de trasladar estas actividades a sus propias aulas adaptándose a las necesidades de sus estudiantes. Por otro lado, la necesidad de trabajar las actitudes de los futuros maestros que influyen en su disposición a usar estos recursos sugiere que sería deseable la inclusión de espacios de reflexión didáctica (Yadav et al., 2014) para abordar dudas, resistencias o miedos que puedan tener frente al uso de tecnologías, así como el fomento del trabajo colaborativo para el diseño de propuestas.

Como línea futura, sería pertinente realizar un seguimiento longitudinal que permita evaluar si la actitud, la preparación y la competencia docente mejoran tras la implementación de este tipo de intervenciones. En suma, la experiencia con robótica educativa permitió a los futuros maestros reconocer el potencial del pensamiento computacional como herramienta didáctica en Matemáticas, al tiempo que evidenció la necesidad de una formación más práctica y sostenida en el tiempo.

REFERENCIAS

- Carlborg, N., Tyrén, M., Heath, C. y Eriksson, E. (2019). The scope of autonomy when teaching computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 21, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2019.06.005>
- Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X. y Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Durak, H. Y. y Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers & Education*, 116, 191-202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.004>
- Grover, S. y Pea, R. (2013). *Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field*. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Kong, S.-C., Chiu, M. M. y Lai, M. (2018). A study of primary school students' interest, collaboration attitude, and programming empowerment in computational thinking education. *Computers & Education*, 127, 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.026>
- Kucuk, S. y Sisman, B. (2017). Behavioral patterns of elementary students and teachers in one-to-one robotics instruction. *Computers & Education*, 111, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.002>
- Llanos-Ruiz, D., Ausín-Villaverde, V. y García, V. A. (2023). Percepción de alumnos y familias sobre la robótica educativa en la educación no formal. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 24, e31351-e31351. <https://doi.org/10.14201/eks.31351>
- Marcelino, M. J., Pessoa, T., Vieira, C., Salvador, T. y Mendes, A. J. (2018). Learning Computational Thinking and scratch at distance. *Computers in Human Behavior*, 80, 470-477. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.09.025>
- Mladenović, M., Žanko, Ž. y Granić, A. (2021). Mediated transfer: From text to blocks and back. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29, 100279. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100279>
- Scratch. (s. f.). *Scratch*. Recuperado 21 de octubre de 2025, de <https://scratch.mit.edu/>
- Shute, V. J., Sun, C. y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Soto-Solier, P. M., Villena-Soto, V. y Muñoz, D. M. (2023). Percepciones de los futuros docentes sobre la integración de la robótica creativa en Educación Primaria: [Perceptions of future teachers on the inclusion of creative robotics in Primary Education]. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 67, 283-318. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.96781>
- Swaid, S. I. (2015). Bringing Computational Thinking to STEM Education. *Procedia Manufacturing*, 3, 3657-3662. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.761>
- Videnovik, M., Madevska Bogdanova, A. y Trajkovik, V. (2024). Game-based learning approach in computer science in primary education: A systematic review. *Entertainment Computing*, 48, 100616. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2023.100616>

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Xia, L. y Zhong, B. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in K-12. *Computers & Education*, 127, 267-282. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.007>

Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambruch, S. y Korb, J. T. (2014). Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1145/2576872>

CAPÍTULO 24

MEJORA DEL APRENDIZAJE PRÁCTICO EN ELECTRÓNICA DE ALTA FRECUENCIA MEDIANTE EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE DIFERENTES FILTROS DE MICROONDAS

HÉCTOR GARCÍA MARTÍNEZ
Universidad Miguel Hernández de Elche

INTRODUCCIÓN

Durante la última década, la formación en el ámbito de la electrónica de microondas ha experimentado una notable transformación, especialmente en asignaturas como Sistemas Electrónicos de Comunicaciones y Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia. Estas disciplinas, por su naturaleza interdisciplinar, demandan que el alumnado combine la comprensión teórica con la capacidad de llevar los conceptos al terreno experimental. Por ello, resulta de gran relevancia que los estudiantes adquieran experiencia práctica en el diseño, simulación y construcción de filtros de microondas, ya que este proceso no solo refuerza el aprendizaje conceptual, sino que también les permite apreciar el vínculo entre la teoría y las aplicaciones tecnológicas reales.

La falta de actividades prácticas en el ámbito de la electrónica de microondas limita considerablemente el desarrollo formativo del estudiantado. Cuando los alumnos tienen la oportunidad de diseñar, simular y fabricar circuitos de microondas, el aprendizaje se vuelve más dinámico, visual y significativo, permitiéndoles consolidar los fundamentos teóricos y adquirir una visión más profesional de la disciplina. Aquellos que participan en la creación de un filtro de microondas no solo comprenden su principio de funcionamiento, sino que además adquieren competencias técnicas de gran valor en el mercado laboral de las telecomunicaciones.

En la Universidad Miguel Hernández de Elche se ha venido impulsando una formación práctica y aplicada dentro del Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación y del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación. Este impulso se ha materializado mediante la introducción de tecnologías emergentes y métodos docentes basados en la experimentación. Entre las iniciativas más destacadas se encuentra el uso de impresoras 3D de bajo coste, que ha permitido al alumnado fabricar filtros paso banda en configuraciones multicapa (García-Martínez, 2020), diseñar guías de onda económicas (García-Martínez, 2021), construir antenas de bocina de distintas geometrías (García-Martínez, 2022) y desarrollar amplificadores de microondas (García-Martínez, 2024). Este conjunto de experiencias

fomenta un aprendizaje más autónomo y creativo, a la vez que promueve la innovación y la aplicación práctica del conocimiento.

En los últimos años, se han incorporado distintas herramientas didácticas que facilitan la enseñanza práctica de la electrónica de microondas, permitiendo al alumnado adquirir experiencia directa con dispositivos reales. Entre los recursos desarrollados destacan un analizador vectorial de redes de bajo coste, empleado para la medición de parámetros S en circuitos pasivos (García-Martínez et al., 2019), y un analizador de espectro económico que posibilita la evaluación de dispositivos activos de alta frecuencia (García-Martínez, 2023). El uso de este tipo de equipamiento acerca al estudiantado a las condiciones de trabajo presentes en entornos profesionales, fortaleciendo la dimensión experimental del proceso formativo.

En esta misma línea, la propuesta presentada se centra en una práctica docente orientada al diseño, simulación y fabricación de filtros de alta frecuencia tanto de tipo concentrado como distribuido en el contexto de las asignaturas de microondas. Este planteamiento integra la teoría con la experimentación, favoreciendo una comprensión más sólida de los principios fundamentales y una formación técnica más completa. Los principales objetivos de la práctica son los siguientes:

- Consolidar los conocimientos teóricos sobre filtros abordados en el aula.
- Promover metodologías docentes innovadoras aplicadas a la enseñanza de circuitos de alta frecuencia.
- Instruir al alumnado en el uso del software Advanced Design System (ADS) para el diseño y simulación de filtros.
- Introducir al estudiantado en procesos básicos de fabricación y montaje de circuitos reales.
- Diseñar nuevas prácticas docentes adaptadas a los métodos de aprendizaje actuales.

De este modo, se pretende ofrecer una experiencia formativa integral que combine teoría, práctica y experimentación, contribuyendo a la adquisición de competencias técnicas esenciales para el ejercicio profesional en el campo de las telecomunicaciones y la electrónica de microondas.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE FILTROS DE ALTA FRECUENCIA

En este trabajo se han implementado dos tipos de filtros: un filtro paso bajo basado en componentes concentrados y un filtro paso banda diseñado mediante líneas acopladas. En ambos casos, se ha utilizado tecnología microstrip sobre sustrato FR4, con una permitividad relativa de 4.4 y una tangente de pérdidas de 0.02.

Filtro paso bajo con componentes concentrados

El primer diseño corresponde a un filtro paso bajo de tipo Butterworth, con una frecuencia de corte fijada en 1 GHz y una atenuación de 20 dB a 1,6 GHz. El procedimiento de diseño se ha llevado a cabo siguiendo las expresiones descritas en (Pozar,1998), con el objetivo de determinar el orden del filtro y calcular los valores de los condensadores y bobinas correspondientes a dicha frecuencia de trabajo. El orden obtenido para el filtro es $N = 5$, y los valores de los componentes calculados se recogen en la Tabla 1.

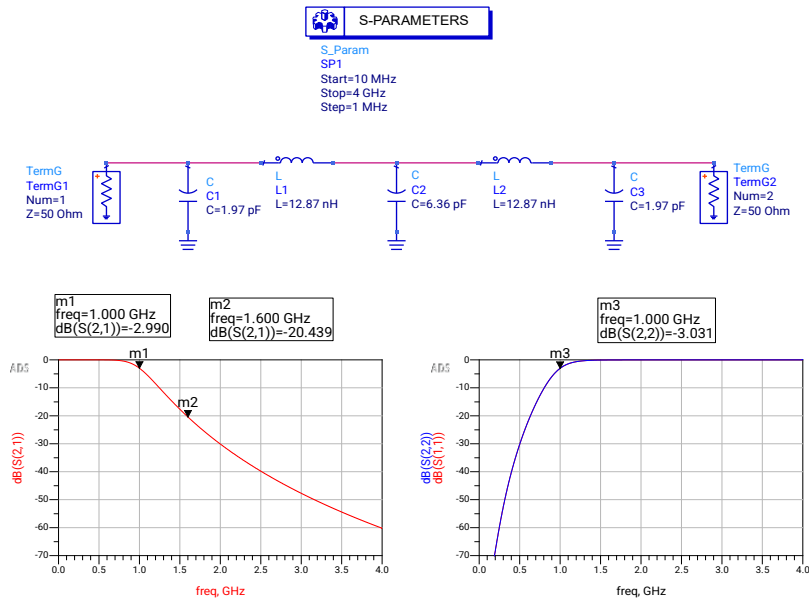
Tabla 1. Valores de los componentes del filtro paso bajo

C1	1.97 pF
L2	12.87 nH
C3	6.36 pF
L4	12.87 nH
C5	1.97 pF

Filtro paso bajo con componentes ideales

En la fase inicial de implementación del filtro, se ha realizado el diseño circuital empleando el software ADS. En la figura se muestra el esquema del circuito implementado junto con la respuesta simulada de los parámetros de dispersión (S-parameters) en el intervalo de frecuencias comprendido entre 0,1 GHz y 4 GHz.

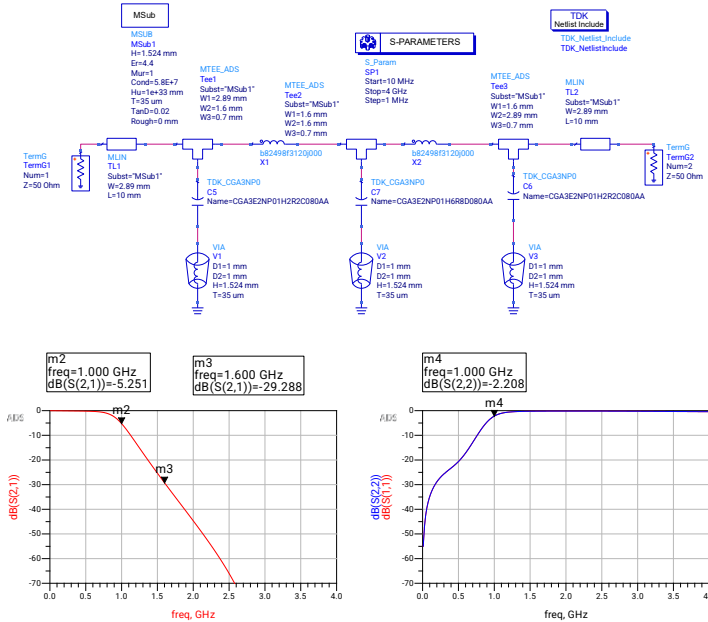
Figura 1. Filtro paso bajo de alta frecuencia con valores ideales



Filtro paso bajo con componentes reales y tecnología microstrip

En la segunda etapa del diseño, se incorporan los valores reales de los componentes disponibles en el laboratorio de alta frecuencia, considerando además los efectos parásitos de los condensadores y bobinas, así como las líneas de conexión entre todos los elementos, implementadas sobre el sustrato FR4. Los condensadores empleados corresponden a la marca TDK, mientras que las bobinas son de Epcos. En la Figura 2 se muestra el circuito actualizado junto con la nueva simulación de los parámetros S, que refleja el comportamiento más realista del filtro en el rango de frecuencias analizado.

Figura 2. Filtro paso bajo con componentes reales y líneas microstrip

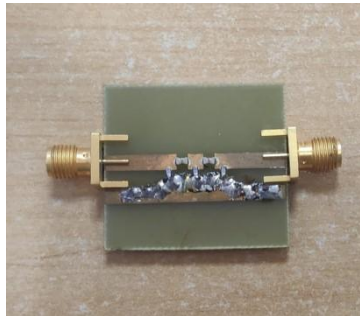


Fabricación y montaje del filtro paso bajo

Una vez completado el proceso de diseño y verificación del layout del filtro, se procedió a su fabricación física sobre una lámina de sustrato FR4, material ampliamente utilizado en circuitos de microondas y radiofrecuencia por su bajo coste y facilidad de mecanizado. En esta etapa, el diseño obtenido a partir de las simulaciones fue transferido al sustrato mediante técnicas de fotolitografía, garantizando la correcta reproducción de las dimensiones y tolerancias establecidas en el modelo teórico. Posteriormente, se realizó el montaje de todos los componentes pasivos y conectores, cuidadosamente seleccionados en función de sus características eléctricas y su compatibilidad con la banda de trabajo. Estos elementos fueron

soldados manualmente sobre la placa, prestando especial atención a minimizar las pérdidas por contacto y a asegurar una adecuada continuidad eléctrica en las líneas de transmisión. El resultado final del proceso de ensamblado se muestra en la Figura 3, donde puede observarse el filtro de alta frecuencia completamente implementado y listo para la fase de caracterización experimental.

Figura 3. Filtro paso bajo de alta frecuencia implementado



Filtro paso banda con líneas acopladas

El segundo diseño corresponde a un filtro paso banda de tipo Chebyshev, con una frecuencia central de 2,45 GHz, un ancho de banda relativo del 10 %, y una atenuación de 20 dB a 1,5 GHz y 25 dB a 3,2 GHz. El proceso de diseño se ha realizado siguiendo las expresiones descritas en (Pozar, 1998), con el fin de determinar el orden del filtro y calcular las impedancias par e impar equivalentes de las líneas acopladas empleadas. El orden obtenido es $N = 3$, y los valores de las secciones correspondientes se recogen en la Tabla 2.

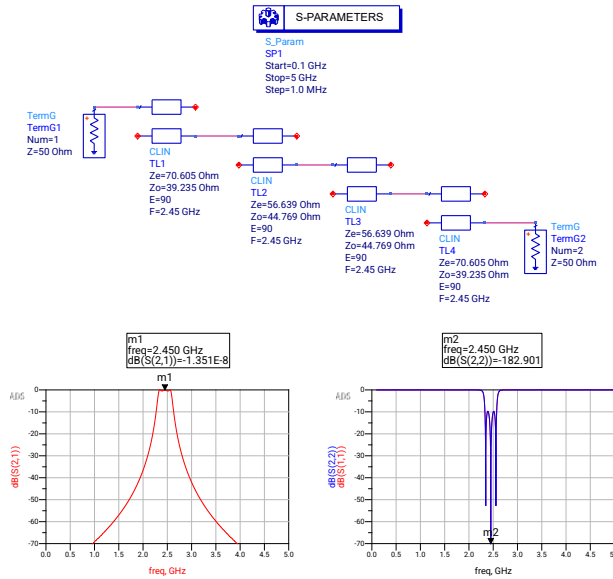
Tabla 2. Valores de las impedancias del filtro paso banda

Z_{oe}	Z_{oo}
70.605	39.235
56.639	44.769
56.639	44.769
70.605	39.235

Filtro paso banda con líneas ideales

En la primera etapa del desarrollo del filtro se lleva a cabo la simulación de las líneas acopladas ideales empleando el software de simulación ADS. En la Figura 4 se presenta el esquema del circuito junto con la respuesta simulada de los parámetros S, obtenida en el rango de frecuencias comprendido entre 100 MHz y 5 GHz.

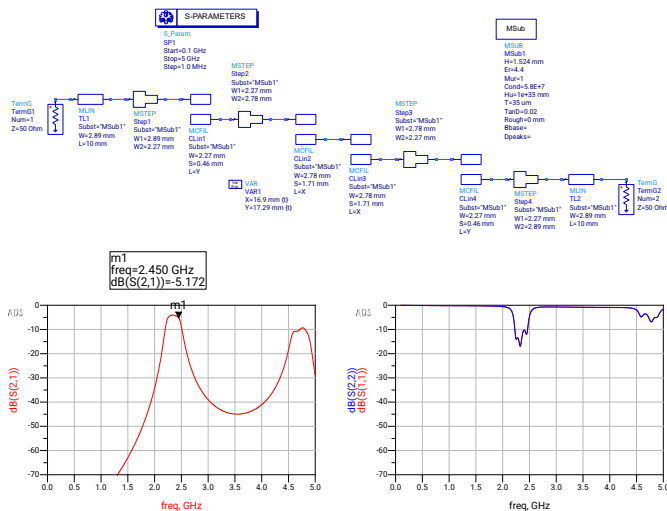
Figura 4. Filtro paso banda con líneas acopladas ideales



Filtro paso banda con líneas acopladas microstrip

En la segunda etapa de diseño, las líneas acopladas ideales se transforman a tecnología microstrip empleando el sustrato FR4 y la herramienta “LineCalc” del software ADS. En la Figura 5 se muestra el circuito implementado con las líneas microstrip, junto con la nueva simulación de los parámetros S en el rango de frecuencias comprendido entre 100 MHz y 5 GHz.

Figura 5. Filtro paso banda con líneas microstrip



Fabricación del filtro paso banda

Tras finalizar la fase de diseño del layout, el circuito se implementó físicamente sobre un sustrato FR4, garantizando la correcta reproducción de las dimensiones obtenidas en la simulación. Se incorporaron conectores SMA en los extremos del dispositivo, permitiendo su interconexión con el analizador vectorial de redes para realizar las medidas experimentales. En la Figura 6 puede observarse el filtro paso banda de líneas acopladas completamente montado y preparado para la caracterización en el laboratorio.

Figura 6. Filtro paso banda con líneas acopladas implementado



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo de innovación docente ha dado lugar a la implementación de una nueva práctica experimental centrada en el diseño, simulación y fabricación de filtros de alta frecuencia por parte del alumnado. Esta iniciativa se enmarca en el objetivo general de potenciar el aprendizaje práctico en las asignaturas del ámbito de las microondas, tanto en el Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación como en el Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación.

El presente proyecto de innovación docente ha dado lugar a la implementación de una nueva práctica experimental centrada en el diseño, simulación y fabricación de filtros de alta frecuencia por parte del alumnado. Esta iniciativa se enmarca en el objetivo general de potenciar el aprendizaje práctico en las asignaturas del ámbito de las microondas, tanto en el Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación como en el Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación. Para la fase de simulación se ha empleado el software ADS, herramienta que ha permitido a los estudiantes explorar diferentes configuraciones y analizar el efecto de los parámetros de diseño antes de la fabricación del prototipo. La actividad, concebida con un enfoque participativo, promueve un aprendizaje basado en la experimentación, el trabajo en equipo y la reflexión técnica sobre los resultados obtenidos.

Como consecuencia de la implementación de esta mejora en las prácticas docentes, se han constatado diversos beneficios formativos que evidencian el impacto positivo de la propuesta sobre el aprendizaje del alumnado. Entre los más destacados se incluyen los siguientes:

Aumento de la motivación e implicación del alumnado: La aplicación de esta metodología ha favorecido un mayor interés del estudiantado por las asignaturas relacionadas con la electrónica de alta frecuencia. Este incremento en la motivación se ha reflejado claramente en las encuestas de valoración realizadas al finalizar las prácticas, en las que una parte considerable del alumnado destacó que la posibilidad de diseñar y fabricar un filtro de microondas resultó especialmente estimulante. La implicación directa en un proceso completo de diseño y validación les permitió percibir la asignatura como más dinámica, cercana a la práctica profesional y coherente con los contenidos teóricos abordados durante el curso.

Aprendizaje más práctico y visual: El estudiantado ha alcanzado una comprensión más sólida y visual del funcionamiento de los filtros de alta frecuencia. Esta mejora se ha logrado mediante la combinación de simulaciones en ADS y de trabajo experimental, que les ha permitido observar de manera tangible la aplicación de los conceptos teóricos estudiados en clase.

Aprendizaje personalizado y desarrollo de competencias técnicas: La nueva metodología promueve un aprendizaje adaptado a cada estudiante, centrado en el desarrollo de competencias prácticas y profesionales. La utilización de equipamiento específico de microondas ha potenciado la capacidad técnica del alumnado y ha incrementado su empleabilidad, al enfrentarse a situaciones reales de laboratorio que reproducen las condiciones del entorno profesional.

Fomento de las habilidades interpersonales y de comunicación: Durante el desarrollo de la práctica, el alumnado ha fortalecido su capacidad para colaborar de forma efectiva en entornos de trabajo en grupo y expresar con claridad sus ideas en las distintas fases de diseño y fabricación. Las dinámicas colaborativas implementadas han potenciado el intercambio constructivo de opiniones, la coordinación entre compañeros y la búsqueda conjunta de soluciones ante los retos planteados. Este enfoque ha contribuido significativamente al desarrollo de competencias transversales esenciales en el ámbito de la ingeniería, como la comunicación técnica, la cooperación interdisciplinar y la gestión eficiente del trabajo en equipo.

Implicación del alumnado en el proceso completo de diseño y fabricación: El estudiantado ha tomado parte activa en todas las fases del proyecto, abarcando desde la definición de las especificaciones iniciales hasta la simulación y la fabricación del prototipo final. Esta participación integral ha facilitado la comprensión global de las distintas etapas que conforman el desarrollo de un proyecto de ingeniería en el ámbito

de las altas frecuencias. Asimismo, la experiencia ha contribuido a fomentar una visión más completa, interdisciplinar y aplicada del proceso de diseño electrónico, reforzando la conexión entre los conocimientos teóricos y su implementación práctica.

Aumento de la participación en clase: Se ha constatado un incremento significativo en la implicación del alumnado durante las sesiones teóricas, especialmente en los debates relacionados con el funcionamiento de los filtros y otros circuitos de microondas. La experiencia práctica previa ha proporcionado a los estudiantes una base más sólida para intervenir activamente en clase, expresar con confianza sus ideas y justificar las decisiones adoptadas en el proceso de diseño. Esta mayor participación ha favorecido un ambiente de aprendizaje más dinámico, reflexivo y colaborativo, en el que la teoría y la práctica se integran de manera natural.

Incremento en la tasa de éxito académico: La asignatura ha registrado un incremento significativo en la tasa de aprobados, que ha pasado del 80 % al 100 % tras la aplicación de la nueva metodología. Este resultado pone de manifiesto el impacto positivo de la propuesta docente, evidenciando una mejora en la comprensión de los contenidos y un mayor grado de compromiso del alumnado con su propio proceso de aprendizaje. Asimismo, la participación en las prácticas y la conexión entre la teoría y la experiencia experimental parecen haber contribuido de manera directa al éxito académico de las asignaturas.

Otro aspecto especialmente relevante es la valoración positiva expresada por el alumnado respecto a las prácticas desarrolladas en el marco de este proyecto. Dicha satisfacción se relaciona, en gran medida, con la oportunidad de abordar de forma autónoma las distintas fases del trabajo diseño, simulación y fabricación de un filtro de microondas, lo que les ha permitido aplicar los conocimientos teóricos en un contexto práctico y realista. Esta conexión directa entre teoría y práctica ha favorecido una comprensión más profunda de los contenidos de la asignatura, al tiempo que ha potenciado el desarrollo de competencias técnicas, analíticas y profesionales vinculadas al ámbito de la ingeniería de alta frecuencia. Asimismo, las encuestas de satisfacción realizadas al finalizar este proyecto reflejan una valoración global muy positiva por parte del estudiantado, alcanzando una puntuación media de 9 sobre 10 en los apartados relativos a motivación, aprendizaje y adecuación de las actividades propuestas. Estos resultados ponen de manifiesto el impacto favorable de la metodología implementada y su contribución directa a la mejora de la calidad docente en las asignaturas de electrónica de alta frecuencia, consolidando un modelo de enseñanza más participativo, experimental y orientado al desarrollo de competencias.

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha tenido como finalidad principal la mejora de las prácticas docentes en las asignaturas de electrónica de alta frecuencia mediante la introducción de una actividad centrada en el diseño, simulación y fabricación de filtros de microondas. Esta propuesta se ha desarrollado en el marco de las titulaciones impartidas en la Universidad Miguel Hernández de Elche, con el objetivo de ofrecer al alumnado una experiencia formativa más aplicada y orientada al aprendizaje práctico. Durante el proceso, se ha utilizado el software de simulación electromagnética ADS para el análisis y optimización de los diseños, complementando esta fase con la fabricación y el montaje de los dispositivos. La combinación de ambas etapas ha permitido al estudiantado comprender de manera más completa las relaciones entre los parámetros teóricos y el comportamiento real de los circuitos de microondas.

Los resultados obtenidos muestran que la incorporación de esta práctica contribuye a fortalecer la formación técnica del alumnado, especialmente en lo referente al diseño de dispositivos pasivos de microondas. Además, la experiencia ha favorecido una mayor motivación y participación en el proceso de aprendizaje, confirmando la utilidad de metodologías basadas en la experimentación y en la integración de teoría y práctica como herramientas efectivas para la enseñanza en el ámbito de las telecomunicaciones.

A continuación se recogen las principales aportaciones e innovaciones derivadas del trabajo realizado:

- Mejora del rendimiento académico del alumnado. La incorporación de prácticas orientadas al diseño, simulación y fabricación de filtros de microondas ha tenido un impacto positivo en los resultados académicos, evidenciando una mejora en la comprensión de los contenidos y en el grado de implicación del estudiantado en las asignaturas relacionadas con la electrónica de alta frecuencia.

- Aprendizaje de herramientas profesionales y técnicas de diseño de microondas: El alumnado ha tenido la oportunidad de trabajar con herramientas avanzadas de simulación electromagnética, lo que ha favorecido la adquisición de competencias específicas en el manejo de software profesional y en las técnicas de diseño de dispositivos de microondas. Esta experiencia ha permitido al estudiantado familiarizarse con procedimientos y metodologías propios del ámbito profesional de la ingeniería de telecomunicación, fortaleciendo su formación técnica y aplicada.

- Refuerzo y consolidación de los conocimientos teóricos: La realización práctica del diseño, simulación y fabricación de filtros de microondas ha permitido al alumnado afianzar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula. Esta experiencia ha favorecido la integración efectiva entre los contenidos conceptuales y la práctica experimental, facilitando una comprensión más profunda del comportamiento de los

dispositivos de alta frecuencia y reforzando el aprendizaje significativo de los principios fundamentales de la electrónica de microondas.

- Desarrollo de destrezas técnicas y competencias profesionales: La implementación de esta práctica ha favorecido la adquisición y consolidación de competencias clave para el desempeño profesional en el ámbito de la ingeniería. Entre ellas destacan la capacidad para resolver problemas técnicos, el trabajo colaborativo y el análisis crítico de los resultados obtenidos durante las fases de diseño, simulación y fabricación de los dispositivos. Esta experiencia ha contribuido a acercar al alumnado a entornos de trabajo reales, potenciando su autonomía, su capacidad de adaptación y su preparación para afrontar retos propios de la práctica profesional.

- Mejora de la empleabilidad del estudiantado: La experiencia desarrollada en el marco de este proyecto no solo ha contribuido al fortalecimiento de los conocimientos técnicos del alumnado, sino que también ha incrementado su grado de preparación para el ejercicio profesional. El manejo de herramientas avanzadas de simulación electromagnética y la participación directa en el diseño y fabricación de filtros de microondas han permitido al estudiantado adquirir competencias prácticas y especializadas, altamente valoradas en el ámbito industrial y en el sector de las telecomunicaciones. De este modo, la práctica ha favorecido la conexión entre la formación académica y las demandas reales del mercado laboral.

En conclusión, la puesta en marcha de esta práctica docente ha generado un impacto claramente positivo, tanto en el rendimiento académico como en la formación integral del alumnado. La propuesta ha permitido consolidar un enfoque educativo equilibrado, en el que la teoría y la práctica se integran de manera efectiva a través del diseño, simulación y caracterización de filtros de alta frecuencia. Este modelo formativo ha contribuido a reforzar la comprensión conceptual, potenciar las competencias técnicas y fomentar una actitud más activa y profesional en el proceso de aprendizaje.

REFERENCIAS

García-Martínez, H., (2020). Implementación de circuitos de microondas multicapa utilizando técnicas de impresión 3d de bajo coste para laboratorios docentes de microondas. En M. M. Molero-Jurado, Á. Martos-Martínez, A. B. Barragán-Martín, M. M Simón-Márquez, M. Sisto y B. M. Tortosa- Martínez (Eds.) *Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura. Avanzando en el proceso de enseñanza-aprendizaje* (pp. 175-182). Dykinson.

García-Martínez, H. (2021). Laboratorio docente de impresión 3d para el diseño y la fabricación de circuitos de microondas en guía de onda. En Á. Martos-Martínez, A. B. Barragán-Martín, M. M. Molero-Jurado, M. M Simón-Márquez, M. C. Pérez-Fuentes y J. J Gázquez-Linares (Eds.), *Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura: nuevos enfoques en la metodología docente* (pp. 179-187). Dykinson.

García-Martínez, H. (2022). Laboratorio docente de impresión 3D para el diseño y la fabricación de circuitos de microondas en guía de onda. En Á. Martos-Martínez, A. B. Barragán-Martín, M. M. Molero-Jurado, M. M. Simón-Márquez, M. C. Pérez-Fuentes y J. J. Gázquez-Linares (Eds.), *Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura: nuevos enfoques en la metodología docente* (pp. 179-187). Dykinson.

García-Martínez, H. (2023). Puesta en marcha de un analizador de espectro de bajo coste para mejorar las prácticas docentes de asignaturas de microondas, En M. M. Simón-Márquez, J. J. Gázquez-Linares, Á. Martos-Martínez, P. Molina-Moreno y S. Fernández-Gea (Eds.), *Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura: nuevas tendencias para el cambio en la enseñanza superior* (pp. 455-463). Dykinson.

García-Martínez, H. (2024). Puesta en marcha de un analizador de espectro de bajo coste para mejorar las prácticas docentes de asignaturas de microondas, En M. M. Simón-Márquez, J. J. Gázquez-Linares, Á. Martos-Martínez, P. Molina-Moreno y S. Fernández-Gea (Eds.), *Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura: nuevas tendencias para el cambio en la enseñanza superior* (pp. 455-463). Dykinson.

García-Martínez, H., Ávila-Navarro, E., Sabater-Navarro, J. M., y Torregrosa-Penalva, G. (2019). Diseño y fabricación de un analizador de redes vectorial de bajo coste para las prácticas de electrónica de comunicaciones, *I Congreso Internacional de Innovación Docente e Investigación en Educación Superior: un reto para las áreas de conocimiento* (pp. 627). ASUNIVEP.

Pozar, D., (1998). *Microwave Engineering*. Hoboken. John Wiley & Sons.

CAPÍTULO 25

SCRUM, ABP E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN SUPERIOR: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA POTENCIAR EL STUDENT ENGAGEMENT

YOLANDA BLANCO ARCHILLA, GASTÓN SANGLIER CONTRERAS,
Y CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ
Universidad CEU San Pablo

INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta el diseño de una metodología docente innovadora que combina el marco de trabajo ágil denominado “SCRUM”, adaptado al contexto educativo, con el enfoque del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). La propuesta se desarrollará en el marco de la asignatura “Señales Aleatorias”, perteneciente al Grado en Ingeniería Biomédica de la Universidad San Pablo CEU. En el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), los estudiantes desarrollan un proyecto técnico guiado por objetivos y recursos definidos por el docente, y SCRUM actúa como la estrategia estructurada que organiza su trabajo colaborativo y progresivo durante todo el proceso.

Además, se incorpora el uso de herramientas de Inteligencia Artificial (IA) en determinadas etapas del proyecto, como apoyo en la búsqueda de información. Uno de los objetivos centrales de esta investigación es analizar el impacto del uso de la IA en el aprendizaje en relación con el concepto de “Student Engagement”, entendido como el grado de implicación con su proceso formativo.

Marco teórico

El ABP se ha consolidado como una metodología eficaz en entornos universitarios, especialmente por su capacidad para fomentar el trabajo colaborativo, el pensamiento crítico y la resolución de problemas reales (Zambrano Briones et al., 2022; Hurtado Angamarca et al., 2025; Barcia Cedeño, 2025). Esta propuesta se enmarca dentro del ABP en el ámbito de los estudios universitarios de ingeniería donde también se ha demostrado su eficacia (Rico Jiménez et al., 2018; Mielnicki et al., 2021).

Por su parte, SCRUM, originalmente concebido para la gestión de proyectos en el ámbito empresarial, ha demostrado ser una herramienta valiosa en el aula universitaria, al facilitar la organización del trabajo, la planificación iterativa y la mejora continua. Su adaptación al entorno educativo permite estructurar el trabajo colaborativo de los estudiantes en etapas llamadas “sprints”, con roles definidos y

entregables concretos, favoreciendo el desarrollo de competencias transversales (Cárdenas et al., 2023; Sotelo-Martín y Fandos-Igado, 2023; Vargas et al., 2025).

La combinación de ABP y SCRUM en el aula ha sido explorada en algunas experiencias educativas, mostrando beneficios en términos de motivación, organización y adquisición de competencias prácticas (Medina-Rojas et al., 2017; Astorga-Vargas et al., 2023; Alemán López y Quintana-Suárez, 2023). En este proyecto, se propone diseñar una dinámica que integra ambas metodologías, adaptada al perfil de los estudiantes de ingeniería biomédica, con el objetivo de mejorar la calidad del aprendizaje y la participación del alumnado.

Diversos estudios han abordado el impacto de la IA en la educación (Rentería García, 2024; Jardón Gallegos et al., 2024; Contreras y Olaya Guerrero, 2025), todos coinciden en que la inteligencia artificial está reconfigurando la educación superior, desde las representaciones sociales y las experiencias de aprendizaje hasta las percepciones de sus principales actores. Aunque la investigación sobre el impacto específico de la IA en el denominado “Student Engagement” aún es incipiente, algunos trabajos recientes sugieren que su integración puede mejorar la personalización del aprendizaje, la eficiencia en la evaluación y la participación activa del estudiante (Lei, et al., 2018; Xu et al., 2023; Prananto et al., 2025).

Diversos estudios han demostrado que el “student engagement”, entendido como el grado de implicación emocional, cognitiva y conductual del estudiante en su proceso de aprendizaje, es un factor clave en la mejora del rendimiento académico. La literatura académica coincide en que cuando se incrementa el nivel de compromiso del alumnado, también se incrementa la calidad y profundidad de los aprendizajes adquiridos (Lei et al., 2018; Xu et al., 2023). Por tanto, uno de los resultados esperados es analizar si la estrategia metodológica propuesta con los tres elementos implicados (ABP, SCRUM, IA) mejora el “student engagement”, de manera que se podría inferir con base empírica que también mejorará los resultados de aprendizaje.

Justificación y viabilidad

El proyecto educativo que se presenta responde a la necesidad de adaptar las metodologías docentes a los actuales contextos tecnológicos y pedagógicos de la educación superior, especialmente en titulaciones técnicas donde el trabajo por proyectos y el uso de herramientas digitales tienen un papel relevante, teniendo en perspectiva el uso generalizado de la IA en los últimos meses, con el correspondiente riesgo. La integración de ABP, SCRUM e IA de forma controlada, permite desarrollar competencias alineadas con las demandas del entorno profesional. Su aplicación en un entorno real de aula, junto con una estructura metodológica definida, instrumentos de evaluación claros y un diseño de investigación orientado a la obtención de evidencias empíricas, contribuirá a su viabilidad.

Objetivos

Los objetivos principales de este proyecto educativo son:

1. Diseñar una dinámica estructurada de aplicación de SCRUM adaptada a la realización de proyectos técnicos por estudiantes de ingeniería, pero que pueda ser replicada en otras áreas de conocimiento y casuísticas (retos, casos, estudios, etc)
2. Desarrollar herramientas de apoyo para estudiantes, que faciliten la organización de reuniones, la planificación de tareas y el seguimiento del trabajo colaborativo.
3. Implementar instrumentos de evaluación y coevaluación entre iguales, basados en evidencias recogidas durante el proceso de trabajo.
4. Fomentar la planificación colaborativa, combinando:
 - o Un planteamiento inicial por parte del profesor.
 - o El diseño del plan de trabajo por parte del equipo.
 - o Un desarrollo iterativo mediante sprints, con reuniones iniciales y finales.
5. Integrar el uso de la Inteligencia Artificial (IA) en distintas fases del proyecto:
 - o Por parte del profesorado: como apoyo en la evaluación y seguimiento.
 - o Por parte del alumnado: promoviendo un uso racional y ético de la IA mediante la documentación de su uso en el propio proceso.
6. Investigar el impacto del uso de la IA en el aprendizaje, con especial atención al concepto de Student Engagement, entendido como el grado de implicación emocional, cognitiva y conductual del estudiante.
7. Evaluar el impacto de la metodología combinada SCRUM + ABP en el proceso de aprendizaje, en términos de organización, motivación, adquisición de competencias y trabajo en equipo.

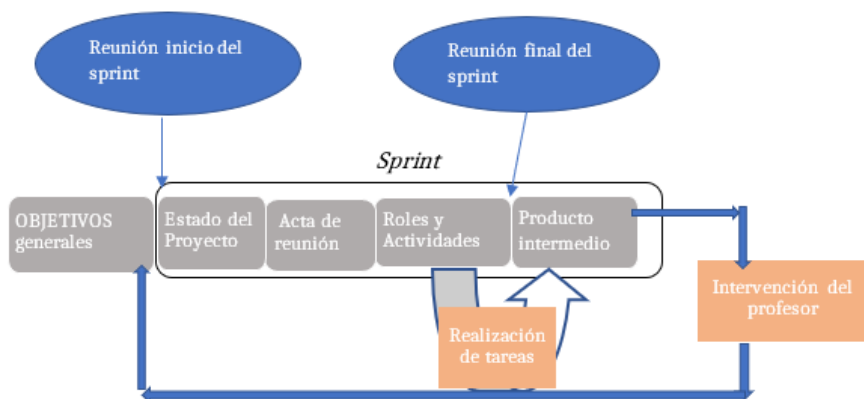
METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE Y SISTEMA DE EVALUACIÓN

Metodología

Como se ha mencionado este proyecto educativo se desarrollará a modo de experiencia piloto en el marco de la asignatura Señales Aleatorias, perteneciente al Grado en Ingeniería Biomédica de la Universidad San Pablo CEU. La intervención se llevará a cabo durante las tres últimas semanas del curso, coincidiendo con la fase final de la asignatura, y se plantea como un proyecto integrador que permita aplicar de forma práctica los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo del semestre. Se propondrá a los estudiantes un reto técnico realista: aplicar técnicas de procesamiento de señal, teoría de la información, bases de datos biomédicas y desarrollar los algoritmos y software necesarios para separar la señal electrocardiográfica (ECG) de un feto a partir de las señales recogidas en el abdomen de una mujer embarazada.

El proceso de aprendizaje para abordar el proyecto se organiza en etapas cíclicas denominadas “sprints”, que permiten una planificación iterativa y una mejora continua, en la figura 1 se representa esquemáticamente la dinámica de aprendizaje:

Figura 1. Método SCRUM aplicado a la realización de un proyecto técnico en un marco ABP



Cada “sprint” tal y como se muestra en la figura incluye momentos clave que estructuran el trabajo del equipo de estudiantes:

1. Planteamiento inicial por parte del profesor El docente presenta un documento guía que contiene:

- Objetivos generales y específicos del proyecto técnico a desarrollar por los estudiantes en el marco de la asignatura.
- Herramientas recomendadas (incluyendo opciones de IA).
- Etapas del proceso de trabajo e interconexiones (secuenciales o en paralelo) entre las mismas.

2. Diseño del plan de trabajo por parte del equipo Los estudiantes definen: • El número de sprints que realizarán.

- Las actividades que abordarán en cada sprint, que pueden mantenerse constantes o evolucionar progresivamente.

3. Desarrollo de cada “sprint” Cada “sprint” se compone de tres momentos clave:

- Reunión inicial: o Definición de tareas, tiempos y responsables.
- o Elaboración de un acta de reunión que documenta acuerdos y el uso previsto de IA.
- Trabajo individual fuera del aula: o Desarrollo de tareas asignadas.
- o Uso de IA según lo acordado, con documentación del proceso: herramienta utilizada, objetivo, tareas afectadas e intervención humana posterior.
- Reunión final del sprint: o Consolidación de un entregable parcial.
- o Evaluación por parte del profesor con retroalimentación formativa.

4. Inicio del siguiente sprint

- Revisión del estado del proyecto.
- Elaboración de nueva acta de reunión.
- Definición de nuevas actividades.

5. Iteración continua hasta el producto final: El ciclo se repite durante varios "sprints" de manera que las tareas iniciales pueden mantenerse, cerrarse, modificarse o añadirse a lo largo de los diferentes "sprints" hasta alcanzar el entregable final.

Tabla 1. Herramienta de organización del trabajo

Elemento	Descripción / Preguntas clave
Contexto (primera reunión)	¿Qué problema se está abordando? ¿Qué resultado o entrega se espera? ¿en cuantos sprints se va a realizar? ¿qué se va a hacer en cada uno de ellos?
Tareas/Personas	Crear objetivos SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con Tiempo definido). Listar los miembros del equipo y definir roles y tareas
Planificación de reuniones	¿Qué hiciste la semana pasada? 2. ¿Qué obstáculos encontraste en el camino? ¿qué voy a hacer hasta la próxima reunión? ¿cambiamos la frecuencia?
Estado del proyecto	Hacer una tabla con tres columnas: - Por hacer (<i>To Do</i>) - En proceso (<i>In Process</i>) - Terminado (<i>Finished</i>)

En la tabla 1 se muestra una plantilla guía de planificación del proyecto adaptable en las diferentes etapas y cuya documentación servirá como "actilla de reunión" a los estudiantes.

El ciclo se repite durante varios sprints de manera que las tareas iniciales pueden mantenerse, cerrarse, modificarse o añadirse a lo largo de los diferentes "sprints" hasta alcanzar el entregable final.

Evaluación de los estudiantes

Al finalizar el proyecto lo estudiantes deben evaluar la participación del resto de sus compañeros de su equipo, para ello se les proporciona la rúbrica de la tabla 2 para ser rellenada en formato electrónico.

La IA será usada como profesor como herramienta para procesar los ficheros correspondientes a las evaluaciones entre iguales y proporcionaría una calificación y una valoración cuantitativa y cualitativa a cada estudiante sobre su participación en el grupo.

Tabla 2. Rúbrica de evaluación entre iguales

INDICADORES	1	2	3	4
Cumplimiento de la tarea realizada	La tarea realizada no se corresponde con el objetivo propuesto	La tarea realizada tiene deficiencias subsanables	La tarea realizada es satisfactoria	La calidad de la tarea realizada supone una notable aportación al equipo
Cumplimiento de plazos	Se retrasa perjudicando la marcha del trabajo del equipo	Se retrasa sin perjudicar la marcha del trabajo del equipo	Lo entrega en plazo	Se anticipa a los plazos para fomentar la discusión de la tarea realizada entre los miembros del equipo
Participación	Se ausenta con frecuencia o su presencia es irrelevante	Interviene poco, más bien a requerimiento de los demás	En general, se muestra activo y participativo en los encuentros de grupo	Sus aportaciones son fundamentales y con ellas mejora la calidad de los resultados del equipo
Clima de trabajo	No escucha las intervenciones de sus compañeros, los descalifica sistemáticamente, quiere imponer sus opiniones	Puntualmente no escucha, descalifica a sus compañeros, quiere imponer sus opiniones	Mantiene un buen clima de colaboración y apoyo entre los miembros del equipo: escucha sin descalificaciones e imposiciones	Mantiene un clima óptimo de colaboración y apoyo entre los miembros del equipo aceptando constructivamente e integrando las opiniones de todos

En la tabla 3, se muestra una posible rúbrica del profesor para valorar el entregable final en un contexto de proyecto técnico de ingeniería. La valoración cuantitativa y cualitativa que proporciona esta rúbrica será común a todos los miembros del equipo. La calificación individual de cada miembro del grupo se obtiene con una ponderación entre los resultados de ambas rúbricas y será procesada con IA.

Tabla 3. Rúbrica de evaluación del entregable final

		Sólo se entienden bien algunos contenidos experimentales.	En el documento están bien casi todos los resultados experimentales y están bien argumentados. Algunas explicaciones de los resultados son mejorables	Todos los resultados experimentales son correctos y están bien argumentados o explicados apoyándose en contenidos teóricos expuestos
Análisis Práctico o Resultados Experimentales	Los resultados experimentales aportados no son correctos, se echan en falta muchos de ellos.	Faltan la mayoría de las explicaciones o el análisis de los resultados		
Propuesta Final y Conclusiones	No se ve cual es la propuesta final ni la solución al problema.	La propuesta de la solución con su viabilidad es confusa en ciertos aspectos. No quedan del todo claras las alternativas posibles con ventajas e inconvenientes de cada una (si hay lugar) No quedan claros las fases de implementación de la propuesta, los equipos, presupuestos, etc. (si ha lugar en función del tipo de proyecto).	La propuesta de la solución con su viabilidad queda bastante bien expuesta y clara salvo algunos aspectos menores. Quedan más o menos claras las alternativas posibles o las fases de la implementación (según el proyecto) salvo algunos detalles confusos.	La propuesta de la solución con su viabilidad queda bien expuesta y clara. Quedan claras las alternativas posibles con ventajas e inconvenientes de cada una si ha lugar. Quedan claras las fases de implementación de la propuesta, los equipos, presupuestos, etc. (si ha lugar en función del tipo de proyecto)
Relación entre teoría y práctica	Totalmente inconexas.	Sólo se hace una o dos referencias en los resultados prácticos a la parte teórica del principio.	Bastantes referencias a los contenidos o conclusiones de la parte teórica en los resultados experimentales.	Los resultados experimentales están apoyados y referenciados en las ecuaciones y explicaciones teóricas de la primera parte del documento

Integración del uso racional de la IA por parte de los estudiantes

Se pretende en este proyecto fomentar el uso racional de la IA haciendo que esta sea parte del proceso no solo del resultado, es decir, obligando al estudiante a diseñar donde y como va a usar la IA, y para qué con que objetivo, además debe documentar este uso en los entregables intermedios y finales, tal y como se muestra en el cuadro de la figura 2 que debe ser un documento a rellenar y entregar.

Figura 2. Documento de declaración de uso de IA

Declaración de uso de herramientas IA en tareas de proyecto (rellenar en cada sprint) Si has utilizado herramientas digitales o de inteligencia artificial para realizar alguna tarea deberá indicar: 1. Herramientas utilizadas • Nombre de la herramienta, • Fecha aproximada de uso. 2. Objetivo del uso • ¿Para qué se usó? (Ej.: generar ideas, mejorar redacción, corregir errores, organizar información, crear gráficos, depurar código, etc.) 3. Tareas afectadas • ¿En qué parte de tu aportación en este sprint aplicaste la herramienta? • ¿Cuál es la pregunta o petición le lanzaste a la IA? • ¿Qué proporción del contenido de la aportación final fue influido por la IA? 4. Intervención humana posterior • ¿Qué hizo el estudiante después de usar la herramienta? (Ej.: revisión, edición, validación, pruebas, etc.)

Esta estrategia de uso dosificado, documentado y reflexivo de la Inteligencia Artificial (IA) favorece un aprendizaje más profundo y unos resultados de mayor calidad, al desarrollarse de forma secuencial, por etapas, y con una planificación consciente. De este modo, se evita el riesgo de recurrir a la IA desde el primer momento para que resuelva el proyecto completo a partir de las indicaciones del profesorado, lo cual iría en contra del objetivo formativo y podría desembocar en entregables que el propio alumnado ni siquiera llegaría a leer, en un caso extremo. La obligatoriedad de realizar reuniones presenciales, documentarlas adecuadamente y estructurar el trabajo en fases con retroalimentación continua, actúa como un mecanismo de control que previene este tipo de usos inadecuados.

RESULTADOS

La investigación sobre el impacto en el aprendizaje se realizará una vez concluida la implementación del proceso completo, para ello se administrarán dos cuestionarios tipo Likert a los estudiantes: uno centrado en el impacto de la IA y otro en el de la metodología combinada. Los datos recogidos serán analizados mediante técnicas de análisis cuantitativo, utilizando estadísticos descriptivos. Se espera obtener resultados que evidencien una mejora significativa en los niveles de autonomía, motivación, apropiación del conocimiento y competencias colaborativas.

Adicionalmente el análisis de los datos recolectados en el proceso expuesto de evaluación proporcionará información complementaria de tipo cualitativo sobre la calidad de los proyectos desarrollados por un lado y sobre el nivel de participación de los estudiantes por otro.

A continuación, se expone el proceso de investigación a implantar en términos de los dos factores que se pretenden analizar:

Impacto del uso de la Inteligencia Artificial (IA)

Se investigará cómo el uso racional y documentado de herramientas de IA influye en el Student Engagement, entendido como el grado de implicación emocional, cognitiva y conductual del estudiante. Se analizará el impacto de la IA en las siguientes tres dimensiones del “student engagement”

- Mejora la autonomía del estudiante.
- Reflexión sobre su proceso de aprendizaje y mejora la apropiación del conocimiento.
- Aumenta la motivación y la eficiencia en la realización de tareas.

Para ello se ha diseñado un cuestionario tipo Likert con el objetivo de evaluar el impacto del uso de la Inteligencia Artificial en las tres dimensiones mencionadas. El cuestionario consta de 15 ítems distribuidos equitativamente entre las tres dimensiones, con opciones de respuesta en una escala de 5 puntos (de "Totalmente en desacuerdo" a "Totalmente de acuerdo").

Tabla 4. Cuestionario de valoración del impacto del uso racional de la IA en el Student Engagement

Dimensión	Ítem
Autonomía del estudiante	Me siento más autónomo/a en mi aprendizaje al utilizar herramientas de IA.
	El uso de IA me permite tomar decisiones propias sobre cómo abordar las tareas.
	Gracias a la IA, gestiono mejor mi tiempo y recursos durante el estudio.
	La IA me ayuda a identificar mis necesidades de aprendizaje sin depender del profesor.
	Utilizar IA me hace sentir más responsable de mi proceso de aprendizaje.
Reflexión y apropiación del conocimiento	El uso de IA me lleva a reflexionar sobre cómo aprendo.
	Documentar el uso de IA me ayuda a comprender mejor los contenidos.
	La IA me permite transformar la información en conocimiento propio.
	Me siento orgulloso/a de los resultados obtenidos con apoyo de IA.
	La IA me ayuda a conectar lo aprendido con mis experiencias previas.
Motivación y eficiencia en tareas	Utilizar IA aumenta mi motivación para realizar las tareas.
	La IA me permite completar las tareas de forma más eficiente.
	Me resulta más interesante trabajar con IA que sin ella.
	La IA me ayuda a superar bloqueos o dificultades en el trabajo.
	Gracias a la IA, logro mejores resultados en menos tiempo.

Impacto de la metodología combinada SCRUM + ABP

Se evaluará cómo la estructura iterativa, la planificación colaborativa y la retroalimentación continua afectan en otros aspectos relacionados con el “student engagement” desde una perspectiva más aplicada.

- La organización del trabajo en equipo.
- La adquisición de competencias transversales clave.
- La percepción de utilidad y relevancia del aprendizaje.

Para recoger los datos que permitan el posterior análisis se ha diseñado el cuestionario de la tabla 5

Tabla 5. Cuestionario de valoración del impacto de la metodología SCRUM

Dimensión	Ítem
Organización del trabajo en equipo	El uso de SCRUM + ABP ha mejorado la coordinación entre los miembros del equipo.
	La planificación colaborativa ha facilitado la distribución equitativa de tareas.
	Las reuniones periódicas han contribuido a mantener el enfoque del grupo.
	La estructura iterativa ha permitido ajustar el trabajo en función de los avances.
Adquisición de competencias transversales	El equipo ha logrado una mayor autonomía en la gestión del proyecto.
	He desarrollado habilidades de comunicación gracias a la metodología SCRUM + ABP.
	La metodología ha fomentado mi capacidad para resolver problemas de forma colaborativa.
	He mejorado mi pensamiento crítico durante el desarrollo del proyecto.
	La experiencia ha fortalecido mi capacidad de liderazgo en contextos grupales.
Percepción de utilidad y relevancia del aprendizaje	He aprendido a gestionar el tiempo de manera más eficiente.
	Considero que el aprendizaje obtenido es aplicable a situaciones reales.
	La metodología ha incrementado mi interés por los contenidos trabajados.
	El enfoque práctico ha facilitado la comprensión de los conceptos teóricos.
	Percibo que el trabajo realizado tiene valor más allá del aula.
	La experiencia ha aumentado mi motivación por aprender.

La construcción de los cuestionarios ha considerado criterios de fiabilidad y discriminación, permitiendo el análisis de consistencia interna mediante el coeficiente alfa de Cronbach Rodríguez-Rodríguez, (2020), así como el índice Delta de Ferguson (Engelhard, G. (2013)), que evalúa la capacidad del cuestionario para discriminar entre diferentes niveles de respuesta.

CONCLUSIONES

La implementación de este proyecto educativo introduce una propuesta metodológica innovadora en el contexto universitario, especialmente en titulaciones técnicas como Ingeniería Biomédica. La integración de SCRUM en el entorno académico, combinada con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), pretende ser una estrategia eficaz para fomentar la colaboración entre los estudiantes. Esta

combinación permite estructurar el trabajo en equipo de forma ágil, mediante entregas parciales y reuniones periódicas, lo que mejora tanto la organización como la calidad de los productos finales.

Una de las principales novedades del proyecto es la incorporación planificada y reflexiva de herramientas de Inteligencia Artificial (IA), no solo como recurso técnico, sino como elemento formativo que promueve una reflexión crítica sobre su uso. La integración de la IA por parte del profesorado permitirá una evaluación individual más objetiva, gracias a la documentación continua del trabajo de todos los estudiantes y a las evidencias de evaluación.

La experiencia piloto en la asignatura Señales Aleatorias permitirá evidenciar el impacto positivo de esta metodología en el student engagement, reflejado en una mayor implicación, participación activa y adquisición de competencias clave como el pensamiento crítico, la organización y el trabajo colaborativo. Además, la implementación de herramientas como rúbricas, tableros SCRUM, actas de reunión y formularios de planificación proporciona un marco estructurado, replicable y adaptable a distintas disciplinas y niveles educativos. En conjunto, esta propuesta no solo responde a las demandas actuales de la educación superior, sino que ofrece un modelo transferible y sustentado en evidencia para la mejora del aprendizaje universitario.

REFERENCIAS

- Alemán López, E. y Quintana-Suárez, M. A. (2023). *Propuesta de adopción de la metodología SCRUM en el proceso de enseñanza aprendizaje en entornos universitarios*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/128311/1/Propuestaadopcionmetodologia.pdf>
- Astorga-Vargas, M. A., Justo-López, A. C., Valenzuela, G. C., Flores-Ríos, B. L., Vázquez, J. P. G., y Ibarra-Esquer, J. E. (2023). Integración de ABP, Scrum y empresa escolar en la formación profesional de estudiantes de TI. *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (61), 98–112. https://vufind.lboro.ac.uk/PrimoRecord/cdi_proquest_journals_2871341591
- Barcia Cedeño, E. I. (2025). *Aprendizaje Basado en Proyectos en las Instituciones de Educación Superior: Reseña de la Literatura*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/389096305>
- Cárdenas, A., Becerra, E. L., y Silva-Ortega, J. I. (2023). Implementación de SCRUM como estrategia de gestión de proyectos para el aprendizaje activo en el aula. *Revista Científica CUC*. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/RVCDM/article/download/4350/4969>
- Contreras, F. y Olaya Guerrero, J. C. (2025). La integración de la IA en la educación superior: Una experiencia en el aprendizaje estudiantil. *Revista Tribunal*, 5(11), 30–44. <https://doi.org/10.59659/revistatribunal.v5i11.140>

Engelhard, G. (2013). *Invariant measurement: Using Rasch models in the social, behavioral, and health sciences*. Routledge.

Hurtado Angamarca, M. M., Arequipa Sagñay, S. E., y Torres Sánchez, M. C. (2025). El Aprendizaje Basado en Proyectos como Enfoque Pedagógico Innovador: Una Revisión Bibliográfica. *Pol. Con., 10*(2), 2035–2055. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/9021/pdf>

Jardón Gallegos, M. C., Allas Chisag, W. D., Zamora Valencia, D. A., y Cedeño Saltos, N. E. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la educación superior: percepciones de alumnos y profesores. *REINCISOL, 3*(6), 7008–7033. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo>

Lei, H., Cui, Y., y Zhou, W. (2018). Relationships between student engagement and academic achievement: A meta-analysis. *Social Behavior and Personality: An International Journal, 46*(3), 517–528. <https://doi.org/10.2224/sbp.7054>

Medina-Rojas, F., Nuñez-Santa, J. M., Sánchez-Medina, I. I., y Cabrera-Medina, J. M. (2017). Implementación del ABP, PBL y método SCRUM en cursos académicos. *Revista Educación en Ingeniería, 12*(24), 52–57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7849327>

Mielnicki, D. M., Lerzo, P. E., Alcar, H. L., y Britos, L. (2021). *Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en materias avanzadas de ingeniería: análisis de su aplicación e impacto en diferentes asignaturas en universidades de la República Argentina*. <https://pdfs.semanticscholar.org/ea08/7f9ddffa4c3278153034c641646921197475.pdf>

Prananto, A., Suryani, L., y Nugroho, A. (2025). Perceived teacher support and student engagement among higher education students – a systematic literature review. *BMC Psychology, 13*, Article 241. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-02412-w>

Rentería García, C. D. (2024). El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Representaciones Sociales y Transformación Institucional. *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior, 11*. <https://www.ties.unam.mx/index.php/ties/article/download/47/24/662>

Rico Jiménez, B. A., Garay Jiménez, L. I., y Ruiz Ledesma, E. F. (2018). Implementación del aprendizaje basado en proyectos como herramienta en asignaturas de ingeniería aplicada. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 9*(17).

Rodríguez-Rodríguez, J. y Reguant-Álvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 13*(2), 1–13. <https://doi.org/10.1344/reire2020.13.230048>

Sotelo-Martín, J. A. y Fandos-Igado, M. (2023). *Metodología Scrum con Recursos Educativos Abiertos en Educación Superior Universitaria: Revisión Sistemática*. <https://www.researchgate.net/publication/375700071>

Vargas, C. E., Guairacaja, M. D., Olivo, E. G., & Valdiviezo, B. A. (2025). Scrum y Design Thinking en el aula: estrategias ágiles para transformar la enseñanza tradicional. *Esprint Investigación, 4*(2), 248–257. <https://doi.org/10.61347/ei.v4i2.160>

Xu, X., Liu, Y., Wang, Y., y Zhang, Y. (2023). Student engagement and learning outcomes: An empirical study applying a four-dimensional framework. *Medical Educación Online, 28*(1), 2268347. <https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2268347>

Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., y Mendoza Bravo, K. L. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100172

CAPÍTULO 26

LAS TIC COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA EN EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN CURSOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

GONZALO CASTIÑEIRA VEIGA*, DÉBORA CORES CARRERA**,
MARÍA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ**, Y RODRIGO MARIÑO VILLAR**

**Universidad de Santiago de Compostela,*

***Centro Universitario de la Defensa Marín (ENM)*

INTRODUCCIÓN

Es frecuente observar que los estudiantes universitarios enfrentan dificultades para comprender conceptos y herramientas matemáticas, debido a diversas razones. Entre ellas, destaca la baja preparación adquirida en la ESO y el bachillerato, la falta de motivación y el desconocimiento de la relevancia de las matemáticas en la vida cotidiana actual y en la vida profesional. Además, la enseñanza tradicional de las matemáticas, basada en la memorización en lugar del razonamiento y la comprensión conceptual, contribuye a la disminución del interés en esta área fundamental del conocimiento (Moore, 2022).

Otro aspecto a mencionar es que los problemas matemáticos en contextos reales pueden o no contar con una solución analítica. En cualquier caso, recurrir a métodos o algoritmos numéricos, los cuales pueden ser abordados de manera eficiente mediante herramientas de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) resulta motivador y efectivo (Saadati y Celis, 2023). Estas herramientas no solo permiten obtener aproximaciones precisas a soluciones exactas, sino que también facilitan el aprendizaje al vincular conceptos matemáticos con situaciones prácticas y concretas. Además, dado el creciente impacto de las nuevas tecnologías en la vida de los jóvenes, el uso de las TIC en la enseñanza de las matemáticas representa una excelente oportunidad para hacer del aprendizaje un proceso más dinámico, interactivo y motivador.

En este contexto, el proyecto de innovación propuesto en este trabajo se llevó a cabo en la Escuela Naval Militar (CUD_ENM) en Marín, Pontevedra. Es de notar que el alumnado de esta institución (aspirantes y guardiamarinas de la Armada Española), reciben instrucción durante cinco años, no solo para realizar las funciones asociadas a su futura carrera militar en la Armada, sino que paralelamente se preparan para obtener un grado de Ingeniería mecánica (Memoria de verificación del título, 2022). Esto implica que deben adquirir conocimientos matemáticos que le proporcionen las herramientas necesarias para modelar, analizar y resolver problemas físicos y de ingeniería. En particular, este proyecto se desarrolló durante la asignatura básica de

Cálculo I (1er cuatrimestre del grado de Ingeniería mecánica). Para ello, se desarrollaron talleres con el propósito de integrar conceptos matemáticos asociados a dicha asignatura con la resolución de un problema aplicado, utilizando herramientas TIC. El objetivo de los talleres consistió en la modelación matemática para la construcción de piezas tridimensionales específicas que tuvieran capacidad máxima, partiendo de un material de desecho bidimensional de forma y dimensiones predeterminadas. Posteriormente, el modelo de optimización asociado se resuelve utilizando el software Matlab (Saadati y Celis, 2023), lo que permite obtener la forma tridimensional de máxima capacidad. Se destinaron seis (6) horas para la enseñanza de la herramienta Matlab (nivel básico), así como para la modelación y resolución del problema.

Además de la modelación y solución computacional obtenida con Matlab, los estudiantes tuvieron la oportunidad de construir físicamente la pieza, haciendo los recortes y ajustes al material inicial reciclado. De esta manera, la actividad combinó la teoría matemática con la experimentación práctica, reforzando la comprensión de los conceptos involucrados y fomentando un aprendizaje activo y más significativo.

Los conceptos matemáticos trabajados en los talleres guardan una estrecha relación con el tema de optimización en varias variables (De Burgos, 2007; Thomas et al., 2009). Por otra parte, un dominio sólido sobre modelación y solución de problemas de optimización resulta esencial en ingeniería, ya que permite diseñar soluciones eficientes, seguras y rentables dentro de los límites técnicos y económicos. Estos conocimientos no solo son fundamentales durante la formación académica, sino que también forman parte del quehacer profesional del ingeniero en su futuro laboral. Así, el taller representa una valiosa oportunidad para que los estudiantes vinculen las matemáticas y el uso de herramientas tecnológicas (TIC) con situaciones reales de su futuro campo profesional (Saha, 2022). A través de este proyecto de innovación, se busca fortalecer el razonamiento lógico y promover el desarrollo de habilidades analíticas y computacionales, favoreciendo un aprendizaje más dinámico, atractivo y efectivo.

Finalmente, los resultados de este proyecto, como la aceptación, el aporte percibido, el impacto y el interés del estudiantado en la dinámica de los talleres se analizan a partir de las respuestas obtenidas en una encuesta anónima diseñada para medir estos aspectos. La información recopilada permite evaluar la efectividad de la estrategia implementada, identificar áreas de mejora y orientar futuras acciones pedagógicas que fortalezcan el aprendizaje y la vinculación entre la teoría matemática, las TIC y la práctica profesional en ingeniería.

MÉTODO

En esta sección se describe la dinámica propuesta en el proyecto, centrada en la resolución de talleres orientados a promover el razonamiento y la comprensión de las matemáticas, además de incentivar la importancia y la utilidad de las matemáticas, a través de la modelación y solución de situaciones reales. Estas situaciones están directamente vinculadas con conceptos fundamentales incluidos en los contenidos de la asignatura de Cálculo I del grado de ingeniería mecánica.

Talleres planteados

Uno de los temas más relevantes y ampliamente aplicables en diversas ramas de la ingeniería es la modelación y el análisis de las condiciones necesarias y suficientes para garantizar la existencia de soluciones en problemas de optimización en varias variables, ya sea de minimización o maximización. En este contexto, los talleres fueron diseñados para que el estudiantado comprendiera la importancia de dominar los conceptos y estrategias matemáticas involucradas en este tipo de problemas, así como su aplicación directa en el diseño y construcción de piezas en ingeniería. Además, estos espacios de aprendizaje buscan exponer por primera vez al alumnado con una problemática real que exige tanto conocimientos básicos de Cálculo I como el uso de herramientas TIC para su resolución.

Los talleres plantean la construcción de piezas partiendo de material bidimensional (plano) de desecho, el cual debe ser transformado en una pieza tridimensional de capacidad máxima. Para ello, es necesario entender las geometrías del material bidimensional de desecho y de la pieza tridimensional a construir. Por lo que, el alumnado debe comenzar definiendo los parámetros y las ecuaciones que relacionan ambas geometrías. Los modelos de optimización resultantes son sencillos pueden depender de hasta tres variables diferentes y provienen de la visualización de dichas geometrías. La última parte de los talleres consiste en replicar los resultados obtenidos sobre una pieza de desecho y cuantificar la capacidad de la pieza tridimensional resultante de resolver el problema de optimización. Para la realización de los talleres fue necesario utilizar seis (6) horas en un laboratorio de informática: cuatro (4) horas para iniciar al estudiantado con la herramienta Matlab (Saadati y Celis, 2023), específicamente adiestrando al estudiante a manejar comandos básicos y sencillos de Matlab y dos (2) horas en la solución del taller planteado. Durante las horas de iniciación en Matlab, se generaron algoritmos sencillos para la solución de problemas de optimización en varias variables, con la finalidad de que pudieran ser usados para obtener la pieza tridimensional a construir. Durante las dos (2) horas destinadas propiamente a la solución del taller, el alumnado creó el modelo de optimización asociado a la pieza a construir y utilizó alguno de los algoritmos previamente obtenidos para determinar, mediante Matlab en un ordenador las

longitudes de los parámetros que aseguran que la pieza tridimensional a construir tenga capacidad máxima.

Análisis de la dinámica

Tras la realización de los talleres, se aplica un breve cuestionario anónimo para evaluar la aceptación, impacto e interés del alumnado respecto al proyecto propuesto. El cuestionario incluye 10 preguntas: siete (7) de ellas buscan analizar la percepción del estudiantado sobre la dinámica utilizada, evaluando si la considera útil, si identifica una relación entre los contenidos teóricos de matemáticas y su aplicación práctica, y si percibe el uso de las TIC en matemáticas como relevante e interesante. Otras dos (2) preguntas abiertas permiten al alumnado señalar los aspectos positivos y aquellos que consideran necesarios mejorar o ajustar en las sesiones de taller. Finalmente, la última pregunta pide al estudiantado asignar una calificación del 0 al 10, siendo 10 la máxima puntuación, para valorar la aceptación y el interés del estudiantado en este proyecto.

Para analizar y establecer algunas conclusiones sobre el aporte de la actividad propuesta para un aprendizaje efectivo, en el sentido de que resulte de interés para el estudiantado, se realiza un análisis estadístico de la valoración dada por los estudiantes a las preguntas del cuestionario. Además, se realiza un test de Cronbach, el cual es una medida estadística que evalúa la fiabilidad interna de dicho cuestionario, es decir, cuán consistentes son los ítems entre sí para medir lo mismo.

RESULTADOS

Los resultados de esta actividad, se obtienen del cuestionario de satisfacción (Tabla 1), entregado a los estudiantes después de la finalización de las seis (6) horas de talleres. Este cuestionario, como puede verse en la Tabla 1, consta de 10 preguntas, denotadas por Pregi, donde $i=1, \dots, 10$. Las primeras siete preguntas pueden obtener valores 0,1,2 y 3, siendo 3 el máximo valor y cero la peor valoración. Las preguntas 8 y 9 corresponden a las preguntas abiertas y la décima pregunta corresponde a la valoración general de la actividad planteada, la cual puede ser 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 y 10, donde 10 es la máxima valoración.

Tabla 1. Resumen de las preguntas hechas en el cuestionario

Preguntas	
Preg1	La combinación de teoría y su aplicación práctica ha sido adecuada.
Preg2	El nivel de profundidad de los talleres de matemáticas con el uso de TICs ha sido adecuado.
Preg3	Los contenidos de las sesiones de la materia con el uso de TICs han sido adecuados con el propósito de la actividad.
Preg4	El propósito de la actividad desarrollada me ha resultado interesante.

Tabla 1. Resumen de las preguntas hechas en el cuestionario (continuación)

Preguntas	
Preg5	La metodología usada ha sido adecuada a los objetivos de la actividad.
Preg6	La metodología ha permitido una participación activa del/la estudiante
Preg7	Las prácticas, ejercicios prácticos, supuestos, etc., han sido útiles y suficientes.
Preg8	¿Qué cosas destacaría en positivo de la dinámica de estas sesiones de MATLAB realizadas?
Preg9	¿Qué cosas considera mejorables de estas sesiones de MATLAB realizadas?
Preg10	¿Cómo calificaría esta actividad en general?

El porcentaje de alumnado que respondió el cuestionario fue de 97,82% (90 estudiantes). Por lo tanto, la muestra de 90 estudiantes es suficientemente representativa de la población de dicho curso de Cálculo I.

En vista que no se ha utilizado ninguna encuesta ya validada, se debe verificar si el cuestionario, descrito en la Tabla1 y que fue utilizado para analizar la dinámica tiene consistencia. Para ello, se calcula el coeficiente Alpha de Cronbach, cuyo resultado arroja un valor de 0,9 (ver Tabla 2), indicando una alta consistencia interna. Este resultado se obtuvo con la herramienta R, además de otros resultados que se muestran en la Tabla 2. La notación de las variables que aparecen en las nueve columnas de la Tabla 2, es la misma que la utilizada por R.

Tabla 2. Confiabilidad del cuestionario utilizado

raw_alpha	std.alpha	G6(smc)	average_r	S/N	ase	mean	sd	median_r
0,9	0,9	0,89	0,56	8,9	0,016	1,8	0,63	0,55

Por otra parte, la Tabla 3 muestra el significado de cada una de estas variables, además de su interpretación de acuerdo al valor obtenido, el cual es calculado basándose en las valoraciones hechas por los 90 estudiantes.

Tabla 3. Análisis de los resultados de test Alpha de Cronbach mostrados en Tabla2

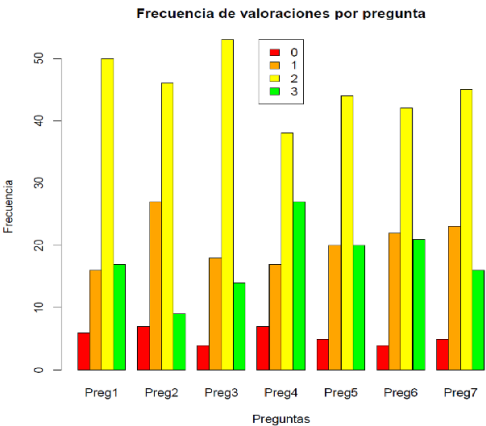
Variables del Alpha Cronbach (Tabla2)	Significado según valor obtenido
raw_alpha: Alfa de Cronbach calculado sobre los datos originales (sin estandarizar).	Indica si existe consistencia interna general. 0.9 indica excelente fiabilidad
std.alpha: Alfa de Cronbach calculado con ítems estandarizados (cuando las escalas de ítems son distintas).	Si es muy parecido a raw_alpha significa que estandarizar no cambia mucho.
G6(scm): Guttman lambda 6, un estimador alternativo de fiabilidad basado en correlaciones parciales.	Valor cercano a raw_alpha indica buena consistencia. 0.89 indica consistente con el raw_alpha.
average_r: Correlación promedio entre los ítems.	0,56 indica correlaciones moderadas-altas entre preguntas, lo que explica el raw_alpha alto.
S/N: Relación señal ruido dada por: $\frac{S}{N} = \frac{raw\_alpha}{1 - raw\_alpha}$	8,9 es excelente; refleja cuánta "señal verdadera" hay frente al "ruido" de error.

Tabla 3. Análisis de los resultados de test Alpha de Cronbach mostrados en Tabla2
(continuación)

Variables del Alpha Cronbach (Tabla2)	Significado según valor obtenido
ASE: Error estándar de raw_alfa	0,016 es muy bajo, lo que indica que la estimación del raw_alfa es precisa.
mean: media de las respuestas a las preguntas del cuestionario.	1,8 indica que en promedio los estudiantes respondieron cerca de la categoría 2.
SD: desviación estándar de las respuestas.	0.63 indica poca dispersión (respuestas relativamente agrupadas).
median_r: mediana de las correlaciones ítem-ítem.	0.55 correlaciones consistentes, alineadas con el promedio

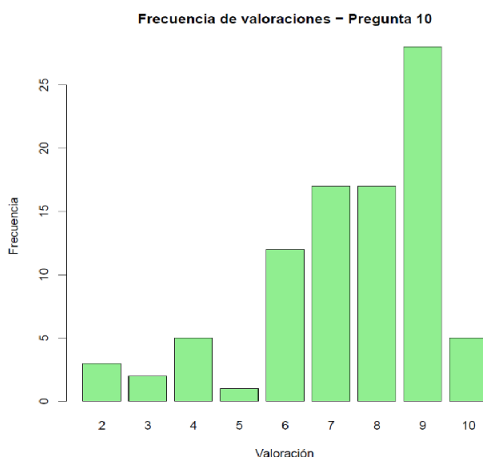
La Figura 1 muestra las frecuencias de las valoraciones obtenidas para las primeras siete preguntas del cuestionario. En ella se observa una valoración media-alta, pero no la máxima (3). Es decir, hubo buena aceptación, pero con cierto margen de mejora. En la pregunta 4, que tiene que ver con el interés del estudiantado en la actividad, se puede ver que la diferencia de frecuencias entre la valoración 2 y 3 es mucho menor que en el resto de las preguntas, indicando que la actividad tuvo interés para un gran porcentaje de la muestra. Las barras en rojo, muestran que menos de un 7% de los estudiantes realmente no tienen interés alguno, lo cual se ajusta a la realidad de cualquier población. El orden del patrón (amarillo > verde > naranja > rojo) se mantiene en las siete preguntas, lo que muestra consistencia en las respuestas y refuerza que el cuestionario mide de forma homogénea. Aunque las valoraciones son predominantemente positivas, el hecho de que la máxima calificación (3) no sea la más frecuente sugiere que hay aspectos que podrían mejorarse para subir al nivel más alto de satisfacción.

Figura 1. Frecuencias de las valoraciones dadas por los estudiantes a las 7 primeras preguntas del cuestionario



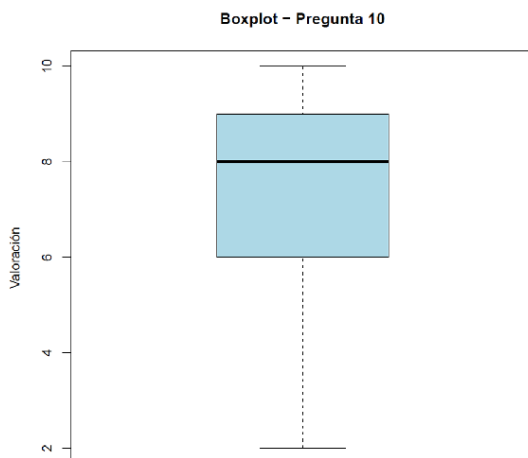
La Figura 2 muestra las frecuencias para la valoración general de la actividad llevada a cabo (Preg10). De ella se puede extraer que la mayoría de las respuestas se concentran en los valores altos, especialmente en 8 y 9, siendo el 9 el más frecuente (más de 25 respuestas).

Figura 2. Frecuencias de la valoración general del proyecto llevado a cabo



Esto indica una valoración general muy alta del alumnado hacia la actividad, la cual también es clara en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de caja y bigotes para la pregunta de valoración general (Preg10)



Los valores entre 2 y 5 tienen frecuencias muy bajas, lo que confirma que solo unos pocos estudiantes tuvieron una percepción menos favorable. A partir del valor 6

se empieza a notar una creciente subida hasta el valor 9. Hay una clara acumulación hacia el extremo derecho (7, 8, 9), mostrando que la experiencia fue vista como muy positiva por la mayoría del estudiantado. La actividad tuvo una altísima aceptación general, reflejada en una concentración fuerte en las valoraciones altas, con un nivel mínimo de respuestas negativas. Esto respalda que el proyecto fue exitoso y bien recibido por el alumnado, pero es recomendable revisar aspectos que podrían mejorarse para lograr una valoración aún más alta en futuras ediciones.

De las respuestas a las preguntas abiertas 8 y 9, se observa que un pequeño porcentaje del estudiantado, aproximadamente un 7%, hace comentarios que sugieren que no tienen interés ni en la actividad ni en el área de las matemáticas, lo cual coincide con los resultados presentados en la Figura 1. No obstante, aproximadamente el 90% del estudiantado percibe esta propuesta como una forma diferente y más dinámica de aprender matemáticas. Además, destacan que el aprendizaje de herramientas TIC resulta muy útil para su futura vida profesional. Algunos incluso sugieren aumentar la cantidad de horas dedicadas a este tipo de actividades.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

El proyecto propuesto en este trabajo fue diseñado con la finalidad de vincular el aprendizaje de conceptos matemáticos con aplicaciones concretas, mediante la resolución de talleres haciendo uso de herramientas de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs). Los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada tras la actividad reflejan una percepción altamente positiva por parte del alumnado. Las preguntas específicas (1-7) del cuestionario muestran un predominio de valoraciones altas (principalmente 2 en una escala de 0 a 3), con una consistencia notable entre todas ellas, lo que respalda la fiabilidad del instrumento aplicado. Además, la valoración general de la actividad (pregunta 10) evidencia una tendencia clara hacia las calificaciones más elevadas, especialmente en torno a los valores 8 y 9, con mínimas respuestas negativas. En conjunto, estas observaciones sugieren que el proyecto fue ampliamente aceptado y valorado, destacando su utilidad, impacto e interés para los estudiantes. No obstante, los resultados también indican oportunidades de mejora que podrían explorarse para incrementar aún más la satisfacción y lograr que una mayor proporción del alumnado otorgue la máxima calificación en futuras implementaciones.

Como trabajo futuro, se plantea añadir nuevas sesiones al proyecto que permitan profundizar en aquellos aspectos en el que el alumnado necesite más refuerzo y que, nuevamente, vayan enfocadas en la necesidad de los elementos matemáticos presentados y el futuro desarrollo profesional del estudiantado.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el CUD-ENM a través del proyecto de innovación docente PINDOC-CUD-2024-03. También se agradece al estudiantado del curso de Cálculo I por su colaboración en las encuestas realizadas.

REFERENCIAS

- Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar de Marín. (2022). *Memoria de verificación del título de Grado en Ingeniería Mecánica* (Identificador 2502251).
- De Burgos, J. (2007). *Cálculo infinitesimal de una variable* (2.ª ed.). McGraw-Hill.
- Moore, H. (2022). *MATLAB for engineers* (6.ª ed.). Pearson Education.
- Saadati, F., y Celis, S. (2023). Student motivation in learning mathematics in technical and vocational higher education: Development of an instrument. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 11(1), 156–178.
- Saha, P. (2022). Effectiveness of in-class Excel-based active learning activities for transportation engineering courses. *Frontiers in Education*, 7, 879174.
- Thomas, G.B., Weir, M.D., y Hass, J. (2009). *Cálculo multivariable* (11.ª ed.). Pearson Educación.

CAPÍTULO 27

DEL SIMULADOR AL PROTOTIPO: UNA EXPERIENCIA ABP INTERDISCIPLINAR EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

ENRIQUE ALCALÁ GUERRERO*, CRISTINA GARCÍA MUÑOZ**,
JUAN CARLOS HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ***, E IRENE GARCÍA DOMÍNGUEZ**
**Universidad de Sevilla; **Universidad Loyola Andalucía;
***Hospital Universitario Virgen del Rocío*

INTRODUCCIÓN

La integración disciplinar es una visión predominante hoy en docencia universitaria. Resulta atractiva porque refleja la realidad fuera de las aulas, donde los conceptos no están aislados en cajas, y su comprensión mejora si se aborda desde múltiples perspectivas (Jacob, 2015). Esta integración es generalmente implementada de forma gradual.

En la enseñanza de electrónica, por ejemplo, la necesaria división que se hace inicialmente entre electrónica analógica y digital, útil para trabajar fundamentos, puede condensar sin un cuidadoso hilvanado de los conceptos y su interrelación posterior. Así, una adecuada reconciliación entre la electrónica analógica y la digital permite afianzar los conocimientos y desarrollar habilidades analíticas, mejorar la participación y actitud frente a la asignatura y reflejar con mayor fidelidad las condiciones reales fuera del aula (Catz et al., 2023).

Esto es especialmente relevante en la Ingeniería Biomédica, cuyo currículo se expande desde la electrónica hasta la fisiología, y su desempeño profesional necesariamente abarca diariamente estas y otras ramas tan distantes (Baturalp et al., 2024). La interdisciplinariedad se puede incorporar paulatinamente, de forma que en cursos superiores sea completamente natural en la práctica diaria. La docencia debe acabar reflejando habilidades comunes del campo de la ingeniería, como la toma de decisiones y resolución de problemas en un marco que puede o no estar acotado (Montesinos et al., 2023).

En ocasiones, el apellido «biomédica» puede perder protagonismo para perfiles más interesados en su aspecto ingenieril. La coletilla recuerda a los estudiantes que se espera de ellos conocimientos específicos y habilidades también en fisiología y anatomía, aunque esto genere menos entusiasmo que la electrónica o la programación (Suárez et al., 2024).

La educación en Ingeniería Biomédica, en su interés por preparar al estudiante para situaciones profesionales reales, no estaría completa si no se invitara a participar

a agentes externos a la comunidad universitaria o sus instalaciones (Prestigiacomo et al., 2024). Así, la interprofesionalidad cierra la visión holística del ingeniero biomédico y lo prepara para su trabajo en un mundo de bioseñales, electromedicina y tecnología sanitaria.

La docencia también debe promover ciertas competencias transversales. En este sentido, cómo transmitir los conocimientos afecta no sólo a los aprendizajes, sino a las habilidades más allá de lo académico. Las clases magistrales en ocasiones deben enriquecidas con marcos docentes que explotan vías alternativas. Aquí, el trabajo en grupos, los aprendizajes prácticos y los aprendizajes autónomos son valiosos aliados. En la aplicación de nuevos marcos de enseñanza a la Ingeniería Biomédica y de la Salud, se han explorado con éxito metodologías propias del business, como el Design Thinking (Farrar, 2020; Montesinos et al., 2023), o el STAR.Legacy (SL) Cycle (Martin et al., 2007), y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) (Barrero et al., 2018; Charosky et al., 2018; Perales et al., 2015; Pérez et al., 2018), en programas que duran desde pocas horas hasta cursos completos de 12 ECTS. En todos los casos se ha reportado una mejora en la participación de los estudiantes.

El ABP se hace especialmente atractivo porque permite, en un ambiente controlado, con una pregunta de investigación clara, simular las condiciones reales de un profesional de la Ingeniería Biomédica. Este método será tanto más exitoso si fomenta la indagación y búsqueda bibliográfica, cierta autonomía e independencia con respecto del profesor, y representan problemas reales y no actividades ad hoc (Thomas, 2000). De las múltiples formas de implementación del marco ABP, aquellas con orientación de proyecto (ABP-OP) encajan de forma natural en la enseñanza de la ingeniería y la electrónica (Savin-Baden, 2008). Esta metodología docente aplicada a asignaturas específicas como la Electromedicina, la Electrónica y la Instrumentación, ha mejorado la participación y seguimiento de las asignaturas y ha facilitado el aprendizaje tanto en cursos de grado (Perales et al., 2015; Pérez et al., 2018) como de máster (Barrero et al., 2018).

Este proyecto recoge estas experiencias positivas del ABP y profundiza en otros aspectos del profesional de la Ingeniería. Así, se propone un proyecto práctico que realza la utilidad de la fisiología, invitando a profesionales de esta disciplina a plantear un problema a los estudiantes, que deberán resolver por grupos a lo largo de cinco sesiones prácticas. Estas sesiones aterrizan los conocimientos teóricos de electrónica y la idea abstracta del circuito a una plataforma física, cristalizando los aprendizajes de lo simulado a lo material. Con ello se pretende no sólo afianzar estos aprendizajes sino promover, según Maslow, el interés físico, intelectual y también emocional por lo aprendido (Thalberg, 2012).

Las sesiones incluyen la elaboración de un prototipo de marcapasos preclínico, mediante herramientas de diseño de circuitos y simulación, placas de circuito impreso

y estación de pruebas con osciloscopio para su validación. Este proyecto aprovecha la simplicidad del IC 555 (Texas Instruments Inc, 2000) como piedra angular de la integración electrónica sobre la cual elaborar una solución al problema de generar una señal fisiológica.

Justificación

Esta actividad introduce al alumnado en el ciclo de desarrollo de ingeniería (requisitos → diseño → simulación → prototipo → validación) con un toque interprofesional, fomentando el pensamiento crítico y la colaboración en grupos para beneficiarse de las diversas sensibilidades de los estudiantes. Ayuda a afianzar conceptos básicos de electrónica y a romper barreras artificiales entre lo analógico y lo digital, y pone en valor a la fisiología como ítem profesional.

Pertenencia curricular y profesional

Conecta explícitamente con contenidos y competencias de asignaturas como Instrumentación Biomédica, Bioseñales Médicas, Electromedicina, Instrumentación Electrónica y Diseño de Circuitos/Sistemas de la Universidad de Sevilla (Universidad de Sevilla, 2025a-e). En concreto, promueve el desarrollo de las siguientes competencias generales y específicas:

- Específicas: CE-IM-14, CE-IM-06/07, CES02, CEMI02/05/06 — captación y análisis de bioseñales; diseño de dispositivos electrónicos biomédicos; técnicas de fabricación y miniaturización; selección basada en datasheets.

- Genéricas/Básicas: CG03/04/05/06/08/10/11, CB1-CB5 — aplicación de ciencias y tecnologías básicas; diseño de sistemas; resolución de problemas complejos; comunicación; aprendizaje autónomo; ética y calidad.

Ruptura del aislamiento disciplinar

Integra electrónica analógica y digital con fisiología, evitando así la «brecha» posterior y consolidando una comprensión holística del sistema.

Hacer concreto lo abstracto

Aterriza los conocimientos de electrónica desde la idea del circuito hasta el dispositivo físico, profundizando la comprensión a través de lo tangible y dando sentido a las relaciones entre lo previamente simulado.

Motivación y participación: Autenticidad profesional e interprofesionalidad

Sitúa al estudiante en un ciclo completo de ingeniería replicando flujos reales del sector e introduce actores externos (veterinario) cerrando la visión interprofesional.

Viabilidad y escalabilidad

Se puede ejecutar con materiales disponibles en cualquier laboratorio universitario de electrónica y software de licencia libre. Se puede escalar para producir versiones más sofisticadas del dispositivo, adaptable a cursos superiores y de Máster. Es exportable a asignaturas de otros grados en Ingeniería, así como asignaturas de Electrónica.

Objetivos del proyecto

El proyecto consta de tres objetivos generales, cuatro específicos competenciales y cinco específicos disciplinares.

Objetivos Generales

- OG1: Fomentar un aprendizaje activo, colaborativo y creativo que integre teoría y práctica en el desarrollo de un dispositivo, de modo que el alumnado participe activamente en la investigación, diseño, simulación, prototipado y validación; trabaje en equipo y desarrolle pensamiento crítico.

- OG2: Integrar en el currículo, de forma que esté alineado con el programa académico, con un cronograma definido y una formación del profesorado adecuada, además de métricas definidas, para su puesta en marcha.

- OG3: Evaluar la efectividad de la actividad como recurso docente, de forma que el alumnado demuestre identificación, explicación y relación de los procesos implicados (desde requisitos y diseño hasta simulación, prototipado y validación).

Específicos (competenciales)

- OEC1: Desarrollar en el alumnado la capacidad de diseñar y validar un dispositivo biomédico simple bajo requisitos de cliente, con trazabilidad técnica y documental.

- OEC2: Promover el interés por la fisiología y su valoración como ruta profesional viable en los estudiantes de Ingeniería Biomédica y otras ingenierías de amplio espectro.

- OEC3: Fomentar el pensamiento integrado entre electrónica digital y analógica, estableciendo puentes entre áreas del conocimiento para evitar su aislamiento.

- OEC4: Promover la materialización de los aprendizajes abstractos en electrónica, yendo más allá del modelo de circuito y del simulador, hacia un prototipo físico.

Específicos (disciplinares)

- OED1: Traducir requisitos del «cliente» a especificaciones técnicas medibles (amplitud de pulso, duty cycle, frecuencia, forma de onda).

- OED2: Determinar los valores de R y C involucradas en un generador de pulsos estable para cumplir con las especificaciones de OED1.
- OED3: Modelar en SPICE (Download LTspice | Analog Devices, n.d.) un generador de pulsos basado en el LM555 con los componentes de OED2 que cumpla con las especificaciones de OED1.
- OED4: Construir un prototipo en placa de pruebas y validar con osciloscopio y sonda de corriente, comparando con simulaciones.
- OED5: Escalar a PCB profesional SMD en KiCad (KiCad - Schematic Capture y PCB Design Software, n.d.), generando Gerbers, y resolviendo las huellas de aquellos componentes no registrados en las bibliotecas de KiCad. Seleccionar componentes mediante hojas de datos y justificar el bill of materials (BOM)

METODOLOGÍA

Contexto y participantes

Este proyecto está diseñado para estudiantes universitarios que cursen electrónica, pero es ampliable a todos los grados con asignaturas afines donde el diseño electrónico y los circuitos de instrumentación formen parte del contenido curricular. El proyecto piloto se ha orientado para el grado en Ingeniería Biomédica. Tiene como fin aplicar los principios del ABP para integrar la electrónica analógica y la digital, aprender el diseño electrónico asistido por ordenador, y producir un dispositivo que genere señales según unas especificaciones fisiológicas. Se empleará el IC 555 (Figura 1) en su configuración astable para generar una forma de onda periódica compatible con la forma de onda cardíaca murina (Tabla 1).

Figura 1. Esquemático del timer 555 en configuración astable

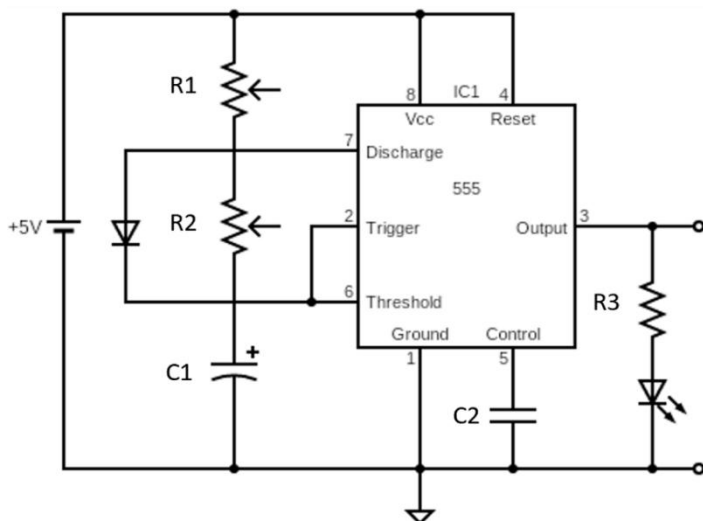
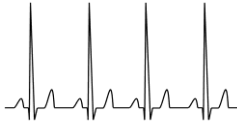


Tabla 1. Especificaciones del problema: de lo fisiológico a lo digital

Fisiología Murina		Pulso (ppm)	Onda R FWHM (ms)	Intervalo R-R (s)	Amplitud (mV)
		480	6.2	0.125	300
IC 555 Astable		f (Hz)	t _{High} (ms)	Duty Cycle (%)	Amplitud (mV)
		8	6.25	5	300

Nota ética: el proyecto no implica experimentación animal; se validará con bancos de prueba.

Fase de formación

Se llevará a cabo una fase de formación breve dirigida al profesorado implicado, con las siguientes acciones:

- Introducción a la metodología ABP: formación en metodologías activas de aprendizaje y estrategias prácticas.
- Talleres formativos en software: una sesión práctica donde se revisarán la instalación y los fundamentos básicos de los programas informáticos involucrados: SPICE y KiCad, para resolver las dudas de los estudiantes cuando se produzcan.

Al finalizar los talleres, se proporcionará a los estudiantes guías para instalar correctamente los programas SPICE y KiCad.

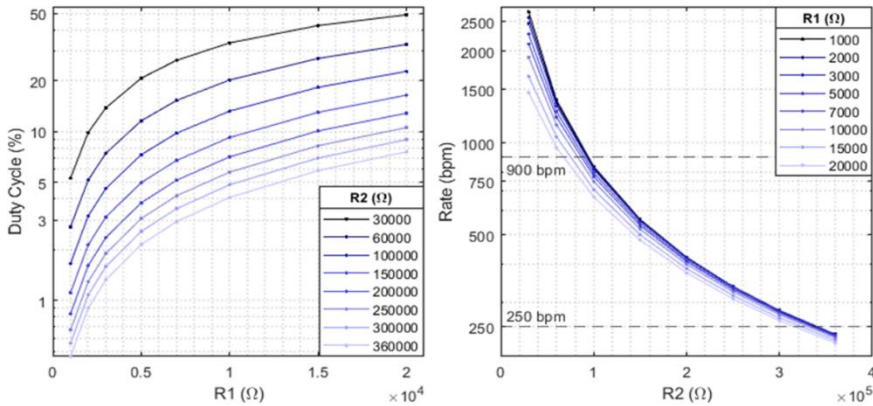
Fase de implementación

Diseño de la actividad

Los estudiantes se dividirán en grupos de 2 a 3 miembros. Comenzará una sesión introductoria al problema, de la que se obtendrá una hoja de especificaciones que deberán resolver con el 555. Seguirán cuatro sesiones prácticas: 1) cálculo de los elementos del circuito y simulación en SPICE; 2-3) fabricación del prototipo en PCB con los elementos calculados y validación en osciloscopio; 4) escalado en KiCad a modelo miniaturizado SMD, elaboración de archivos de fabricación y bill of materials (BOM).

Para el rango fisiológico del ratón, existen varias combinaciones viables para los elementos del circuito R1, R2, C1, C2 (Figura 2). Esto deja abierto el camino a los estudiantes para encontrar combinaciones únicas que cumplan los objetivos propuestos.

Figura 2. Posibles combinaciones de R1 y R2 para un valor de C1 fijo



Procedimiento

Antes de la actividad

- Introducción al problema (30 minutos): reunión con experto en fisiología animal que expondrá los fundamentos de la fisiología cardiovascular del ratón, las necesidades del marcapasos y cuestiones relevantes para su resolución.
- Introducción al 555 (15 minutos): hoja de datos, esquemático básico del circuito integrado en su modo astable, ecuaciones que describen el circuito.
- Cuestionario para realizar tras las explicaciones para asegurar la comprensión del problema y los conceptos teóricos implicados. Se rellenará una hoja de especificaciones con contenidos como los de la Tabla 1.

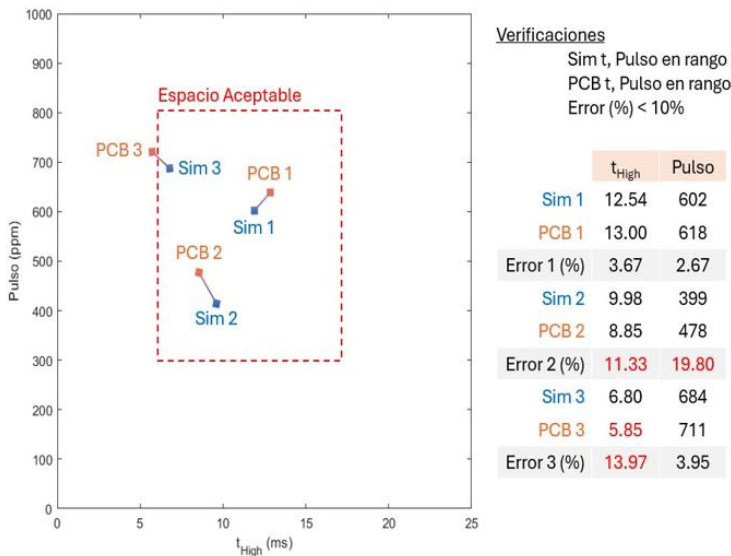
Durante la actividad

- Sesión de diseño electrónico asistido por computador en SPICE: diseño y simulación de la señal deseada, cálculos de elementos pasivos y de instrumentación. Determinación de los valores de R1, R2, C1 y C2 que permiten al LM555 producir la forma de onda deseada (2 horas).
- Sesión de fabricación del dispositivo diseñado en placa de prototipado, con los componentes hallados por el alumno, atendiendo a las especificaciones y sus hojas de datos (1.5 horas).
- Sesión de validación del prototipo que han diseñado y su ajuste a los valores del simulador (0.5 horas).
- Sesión de escalado: dispositivo profesional en KiCad, con electrónica SMD adaptada y datasheets que permitan la miniaturización del dispositivo. Generación de archivos PCB y Gerber. Crear huella de pila de botón de 3V para miniaturización (2 horas).

Después de la actividad

- Discusión grupal de las soluciones simuladas y de cada PCB (Figura 3). Se discutirán los efectos de cada componente del circuito en la señal generada, y las diferencias entre los dispositivos simulados y los fabricados, atendiendo a las particularidades del diseño y requisitos impuestos por los componentes reales.
- Votación del diseño de PCB SMD más atractivo, que cumpla con las especificaciones de funcionamiento, tamaño reducido, y con BOM de menor coste. Cada alumno votará tres diseños. El diseño con más votos se podrá enviar para fabricación.

Figura 3. Ejemplo de diagrama 2D para evaluar las soluciones propuestas por cada grupo



- Encuesta SEEQ (Marsh, 1982): valoración del alumnado sobre la utilidad de la actividad para afianzar conocimientos y promover el interés por la electrónica, la fisiología y otras competencias transversales.

Fase de evaluación

Evaluaciones formativas

- Objetivo: Detectar dificultades para mejorar el aprendizaje mientras tiene lugar, de forma que se puedan realizar ajustes en la actividad (cambiar tareas, definir parámetros) en tiempo real.
- Se utilizarán las siguientes herramientas de forma continua durante el proyecto:
 - Antes del proyecto: Quiz previo sobre conocimientos de electrónica.

- Durante el proyecto: Evaluación de la hoja de prácticas con valores de elementos del circuito (Figura 1), valores de señal simulados y testados (y error entre ellos), modificaciones, BOM y capturas del circuito SMD de KiCad.

- Evidencias: Quiz, esquemático anotado, BOM justificada, evidencias de cambio.

Evaluaciones de proceso

- Objetivo: Supervisar cómo se trabaja con el propósito de comprobar que el proyecto sigue el plan establecido, para, en caso contrario, realizar ajustes de gestión y metodología, con posibilidad de volver a planificar tiempos, reasignar roles, mejorar flujos de trabajo y protocolos.

- Herramientas: rúbricas de colaboración, registro de roles y checklists para:

- Valorar la participación activa del alumnado, el trabajo colaborativo y su capacidad de formular hipótesis.

- Analizar el razonamiento aplicado durante el diseño electrónico, la fabricación del dispositivo y la validación del prototipo, además de su conexión con los conocimientos teóricos pertinentes.

- Evidencias: cumplimiento del cronograma (hitos en plazo $\geq 80\%$), registro de decisiones coherente, calidad de la documentación del trabajo, registro de participación y colaboración (≥ 1 contribución razonada/sesión/alumno).

Evaluaciones de producto

- Objetivo: Valorar la calidad del prototipo y del paquete de fabricación respecto a las especificaciones, verificando prestaciones medibles y documentación técnica.

- Herramientas:

- Batería de pruebas para evaluar prestaciones funcionales (salida generada).

- Rúbrica de producto con criterios, descriptores y ponderación por criterio para puntuar la calidad del resultado final.

- Archivos KiCad (esquemático, gerbers), SPICE (netlists y resultados), BOM (trazabilidad) para evaluar calidad y fabricabilidad del diseño.

Encuestas y grupos focales

- Encuestas SEEQ: medirán la percepción de los estudiantes respecto a la metodología, su motivación y competencias transversales, así como el grado de aprendizaje.

- Grupos de discusión: para recoger opiniones cualitativas sobre la experiencia con el proyecto, sugerencias para futuras ediciones, de estudiantes y profesores.

Fase de ajuste e implementación de mejoras

Analizar los resultados obtenidos durante la primera implementación del proyecto con el fin de detectar áreas de mejora y optimizar el diseño metodológico, técnico y evaluativo.

Análisis de resultados y diagnóstico

Tras el proyecto, se recopilarán los siguientes datos para identificar dificultades, tanto conceptuales como procedimentales (gestión del tiempo, roles de grupo, errores técnicos o de comunicación):

- Rendimiento académico: resultados del quiz previo y posterior, precisión en la simulación y validación del circuito, y puntuaciones obtenidas en rúbricas y checklist.
- Desarrollo competencial: desempeño en trabajo en equipo, razonamiento técnico, documentación del proceso y calidad del producto final.
- Retroalimentación cualitativa: encuestas SEEQ (Student Evaluation of Educational Quality), y observaciones docentes.
- Seguridad y fiabilidad en el laboratorio.

Acciones de mejora

En función de los resultados anteriores, se aplicarán las siguientes acciones:

- Mejoras curriculares y técnicas:
 - Inclusión de ejemplos guiados de simulación SPICE y KiCad (tutoriales).
 - Incorporación de modificaciones a la onda de salida (amplitud y frecuencia variable, control de corriente, flancos)
 - Métricas de rendimiento (impedancia de salida, consumo, protección).
- Mejoras metodológicas:
 - Revisión de la secuencia de trabajo y su temporización.
 - Actualización anual de los recursos, materiales y procedimientos.
 - Rotación de roles dentro del grupo de trabajo.
- Mejoras evaluativas:
 - Refinar las rúbricas de proceso y producto con descriptores más específicos.
 - Incorporar retroalimentación intermedia (feedback) entre fases.

Fase de seguimiento y difusión

- Evaluación continua de la efectividad del proyecto mediante la comparación de resultados académicos entre grupos y entre cursos académicos.
- Establecimiento de marcadores de éxito y actualización periódica del protocolo, secuencias de trabajo, roles de grupo.
- Presentación de los resultados en jornadas y publicaciones de innovación educativa.

Fase de escalado

Ampliación institucional y curricular: Tras la validación del proyecto, se plantea:

- Su integración progresiva en otras asignaturas con competencias afines.
- Su aplicación en otros grados de Ingeniería, adaptando el nivel de profundidad técnica, y estudios de máster de Ingeniería sanitaria.

Colaboraciones interdisciplinarias y con empresas y startups del sector biomédico, que puedan ofrecer casos reales, mentorías o recursos de validación de prototipos.

Producción de material docente y digitalización:

- Guías docentes y manuales de implementación del proyecto paso a paso.
- Banco de diseños y simulaciones (biblioteca de circuitos, netlists, informes de validación, archivos de KiCad y SPICE) en local o en repositorios digitales.

Planificación temporal del proyecto

La duración de la fase de implementación será de 7 horas, en total para cada grupo, incluyendo la realización de los cuestionarios, la introducción al fundamento teórico, la realización de la práctica, elaboración de los informes y discusión grupal de los resultados. Su planificación está prevista para realizarse a mitad de cuatrimestre.

Las sesiones destinadas a la formación del equipo docente (Fase 1) y a la discusión de los resultados y revisión metodológica (Fases 3 y 4) tendrán una duración estimada de 45 y 120 minutos cada una. Se prevé la realización de al menos dos sesiones por fase, con el objetivo de garantizar una adecuada coordinación del profesorado, el análisis conjunto de los avances y la implementación de mejoras basadas en la evaluación del proyecto.

RESULTADOS ESPERADOS E INDICADORES

Para medir el éxito en el desarrollo de la actividad, junto con la evaluación de los aprendizajes, se han propuesto los siguientes indicadores para resultados esperados. La Tabla 2 recoge estos resultados para cada uno de los objetivos generales y específicos (competenciales y disciplinares), así como indicadores de éxito que verifican su alineamiento con los objetivos.

Tabla 2. Valoración de los resultados y el éxito en la consecución de los objetivos

Objetivo Resultado esperado		Indicador de éxito y KPI
Objetivos generales		
OG1	La herramienta fomenta el aprendizaje activo, integración de teoría y práctica, y el pensamiento crítico.	SEEQ > 3.5/5 (materiales adecuados). SEEQ > 3.5/5 (aprendizaje). SEEQ > 3.5/5 (pensamiento crítico).
OG2	La herramienta se incorpora en el currículo de electrónica como sesiones de proyecto.	SEEQ > 3.5/5 (materiales adecuados). Las sesiones cumplen con el cronograma.
OG3	La herramienta es efectiva como recurso docente.	SEEQ > 3.5/5 (evaluación del profesorado). SEEQ > 3.5/5 (claridad de tarea). Escalado a 2 o más titulaciones en 5 años.
Objetivos específicos competenciales		
OEC1	Los alumnos son capaces de diseñar y validar un dispositivo electrónico generando documentación trazable.	Señales de Sim y PCB dentro de rango. Error Sim y PCB $\leq$ 10%. Documentación SPICE y KiCad, BOM.
OEC2	Promoción del interés por la fisiología.	SEEQ > 3.5/5 (promoción del interés).
OEC3	Promoción del pensamiento integrado entre electrónica digital y analógica.	Preguntas de razonamiento en Quiz de contenidos > 60%.
OEC4	Materialización de los conceptos teóricos del circuito y del diseño.	Señales de Sim y PCB dentro de rango Error Sim y PCB $\leq$ 10%.
Objetivos específicos disciplinares		
OED1	Los alumnos comprenden la relación entre requisitos fisiológicos y parámetros electrónicos equivalentes.	Los alumnos rellenan la Tabla 1 con un acierto > 80%. Nota media Quiz de contenidos > 60%.
OED2	Los alumnos hallan soluciones válidas para los elementos pasivos del circuito.	Las soluciones de Simulación y PCB generadas con R1, R2, C1 y C2 se encuentran dentro del rango aceptable.
OED3	Los alumnos manejan el entorno de diseño y simulación de circuitos SPICE.	Implementación correcta del esquemático. Simulación de la señal generada con parámetros acordados.
OED4	Construcción y validación de PCB empleando osciloscopio.	Los alumnos construyen un prototipo PCB con soldadura THT funcional. Las soluciones de Simulación y PCB se encuentran dentro del rango aceptable.
OED5	Escalado a PCB SMD profesional fabricable, atendiendo a hojas de datos de los componentes SMD y diseñando las huellas de aquellas que no estén en librerías.	Reemplazo de componentes THT por SMD. Se diseña una huella de componente de cero. Se producen archivos Gerber fabricables. Se elabora un BOM completo.

CONCLUSIONES

La implementación de este proyecto se plantea como una oportunidad para enriquecer la enseñanza de la electrónica aplicada en el ámbito de la Ingeniería Biomédica, acercando al alumnado a un contexto profesional. A través del diseño y desarrollo de un prototipo funcional de marcapasos, los estudiantes podrán recorrer las fases completas del ciclo ingenieril, desde la definición de especificaciones hasta la validación del dispositivo.

Se espera que esta metodología fomente un aprendizaje más significativo y aplicado, favoreciendo la integración entre conocimientos de electrónica, instrumentación y fisiología. Asimismo, se prevé que impulse el desarrollo de competencias transversales como el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la comunicación técnica y la creatividad. En suma, este proyecto ofrece una práctica innovadora y replicable, capaz de fortalecer la motivación y la autonomía del estudiante, y servir como modelo de referencia para futuras experiencias docentes interdisciplinares.

REFERENCIAS

Analog Devices. (n.d.). *Download LTspice*. Recuperado el 23 de octubre de 2025 de <https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Barrero, F., Mora, J.L., Bermúdez, M., y Perales, M. (2018). Aprendizaje Basado en Problemas como Metodología Docente de una Asignatura de Electrónica Básica en un Máster Universitario de Ingeniería Industrial. *TAAE 2018. Actas Del XIII Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de La Electrónica*, 126–130.

Barrero, F., Mora, J.L., Bermúdez, M., y Perales, M. (2018). Aprendizaje basado en problemas como metodología docente de una asignatura de electrónica básica en un máster universitario de ingeniería industrial. En *TAAE 2018: Actas del XIII Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica* (pp. 126–130).

Baturalp, T.B., Bozkurt, S., y Baldock, C. (2024). The future of biomedical engineering education is transdisciplinary. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 47(3), 779–782. <https://doi.org/10.1007/s13246-024-01442-9>

Catz, B., Kolodny, A., y Gero, A. (2023). Promoting engineering students' learning: An interdisciplinary teaching approach of electronic circuits. *International Journal of Engineering Education*, 39(1), 208–218. https://www.ijee.ie/latestissues/Vol39-1/18_ijee4303.pdf

Charosky, G., Leveratto, L., Hassi, L., Papageorgiou, K., Ramos-Castro, J., y Bragós, R. (2018). Challenge-based education: An approach to innovation through multidisciplinary teams of students using design thinking. En *TAAE 2018: Actas del XIII Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica* (pp. 446–453).

Farrar, E.J. (2020). Implementing a design thinking project in a biomedical instrumentation course. *IEEE Transactions on Education*, 63(4), 240–245. <https://doi.org/10.1109/TE.2020.2975558>

Jacob, W.J. (2015). Interdisciplinary trends in higher education. *Palgrave Communications*, 1. <https://doi.org/10.1057/palcomms.2015.1>

KiCad Project. (n.d.). *KiCad: Schematic capture y PCB design software*. Recuperado el 23 de octubre de 2025 de <https://www.kicad.org/>

Marsh, H.W. (1982). SEEQ: A reliable, valid, and useful instrument for collecting students' evaluations of university teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 52(1), 77–95. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1982.tb02505.x>

Martin, T., Rivale, S.D., y Diller, K.R. (2007). Comparison of student learning in challenge-based and traditional instruction in biomedical engineering. *Annals of Biomedical Engineering*, 35(8), 1312–1323. <https://doi.org/10.1007/s10439-007-9297-7>

Montesinos, L., Salinas-Navarro, D.E., y Santos-Díaz, A. (2023). Transdisciplinary experiential learning in biomedical engineering education for healthcare systems improvement. *BMC Medical Education*, 23. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04171-x>

Perales, M.A., Barrero, F., y Toral, S.L. (2015). Learning achievements using a PBL-based methodology in an introductory electronics course. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 10(4), 296–301. <https://doi.org/10.1109/RITA.2015.2486438>

Pérez, P., Olmo, A., y Yúfera, A. (2018). ECG study in practical labs for biomedical engineering training. En *2018 XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEET)* (pp. 1–4).

Prestigiacomo, R., Chan, C.C., y Kark, L. (2024). A biomedical engineering curriculum development: A qualitative study engaging four stakeholders. *European Journal of Education*, 59(2). <https://doi.org/10.1111/ejed.12632>

Savin-Baden, M. (2008). Problem-based learning in electronic engineering: Locating legends or promising problems? *International Journal of Electrical Engineering Education*, 45(2), 96–109. <https://doi.org/10.7227/IJEEE.45.2.2>

Suárez, F., Consoli, A., y García, M. (2024). Integración y percepción de materias básicas (electrónica analógica y digital y fisiología humana) en el grado de ingeniería biomédica. En Á. Martos Martínez, A.B. Barragán Martín, J.J. Gázquez Linares, M.C. Pérez Fuentes, y P. Molina Moreno (Eds.), *Innovación docente e investigación en salud: Desafíos de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior* (1.ª ed., pp. 241–253). Dykinson SL. <https://doi.org/10.14679/3761>

Texas Instruments Inc. (2000). *LM555 Timer*. <http://www.ti.com>

Thalberg, I. (2012). Toward a psychology of being by Abraham Maslow. *Philosophy and Phenomenological Research*, 25(2), 288.

Thomas, J.W. (2000). *A review of research on project-based learning*. <http://www.autodesk.com/foundation>

Universidad de Sevilla. (2025a). *Programa de la asignatura: Instrumentación Biomédica* (Versión 9, Curso 2025–2026) [Guía docente]. E.T.S. de Ingeniería Informática, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. <https://sevius4.us.es>

Universidad de Sevilla. (2025b). *Programa de la asignatura: Bioseñales Médicas* (Versión 10, Curso 2025–2026) [Guía docente]. E.T.S. de Ingeniería Informática, Departamento de Tecnología Electrónica. <https://sevius4.us.es>

Universidad de Sevilla. (2025c). *Programa de la asignatura: Diseño de Circuitos y Sistemas Electrónicos* (Versión 9, Curso 2025–2026) [Guía docente]. E.T.S. de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Electrónica. <https://sevius4.us.es>

Universidad de Sevilla. (2025d). *Programa de la asignatura: Instrumentación Electrónica* (Versión 11, Curso 2025–2026) [Guía docente]. E.T.S. de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Electrónica. <https://sevius4.us.es>

Universidad de Sevilla. (2025e). *Programa de la asignatura: Electromedicina* (Versión 7, Curso 2025–2026) [Guía docente]. E.T.S. de Ingeniería Informática, Departamento de Tecnología Electrónica. <https://sevius4.us.es>

CAPÍTULO 28

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR IMAGES IN THE FIELD OF GRAPHIC EXPRESSION IN ENGINEERING

FERNANDO LOZANO RIVAS
Universidad de Murcia

INTRODUCTION

We live in an increasingly advanced digital age in the education system. With the emergence of Artificial Intelligence (AI) as a formal concept in 1956 and what it has become today, a world of opportunities has been created for the entire educational community. However, as teachers, we must ask ourselves if we are prepared for this new digital era that is dawning, and on the other hand, are learners prepared? (Sanabria-Navarro et al., 2023). However, the successful implementation of AI in education is not without its challenges. It requires adequate technological infrastructure, training for educators and students, and policies that ensure the ethical and responsible use of these technologies.

It is indisputable that the birth of AI has facilitated the implementation of intelligent educational applications in educational environments to facilitate teaching, learning, and decision-making. This technological advance has already revolutionised part of the education sector, offering new opportunities to overcome learning gaps and design innovative educational experiences that enhance collective imagination and student understanding, although not all countries agree on this technological path to learning (Urquilla, 2022).

Artificial intelligence has arrived on our shores as an innovative element in various areas of daily life, changing the way we interact with technology and with each other. This new technological era, driven by remarkable advances in machine learning, data management and computing power, aims to increase efficiency in industries such as healthcare, agriculture, engineering and education, which in turn supports social and economic well-being globally.

As mentioned, AI is significantly transforming various sectors of society, including education, where its application promises to revolutionise the way we learn, teach and manage knowledge. This impact is not recent; it dates back to 1956, when the term 'AI' was coined at a conference at Dartmouth College, marking the beginning of an era of constant development and significant evolution in this field (Sanabria-Navarro et al., 2023).

For many decades, technological advances have had a significant impact on education, promoting the development of new methodologies and tools that facilitate access to and dissemination of knowledge. In this regard, artificial intelligence has stood out as one of the technologies with the greatest capacity to bring about change, providing solutions that range from advanced tutoring systems to personalised learning platforms, as well as algorithms that can predict and adapt students' educational trajectories (Túnez & Tejedor, 2019).

In the field of education for Graphic Expression and Engineering, artificial intelligence provides unique opportunities to tailor learning, improve teaching methods and raise academic results. Its ability to handle large amounts of information and offer personalised analysis allows for the creation of more efficient educational approaches that are tailored to the particular needs of each student. This transformative potential is based on AI's ability to individualise education, improve knowledge management, and promote more inclusive and equitable learning environments, in line with the Sustainable Development Goals, especially SDG4 (Vázquez, 2022). Likewise, training teachers in digital and ethical skills related to AI is an urgent necessity in order to maximise the benefits of this technology and minimise its potential risks (Flores & García 2023). In this regard, it is essential to develop regulatory and ethical frameworks to guide the application of AI in education, ensuring that its implementation promotes inclusive, quality education, respects the privacy and rights of students and teachers, and contributes effectively to sustainable development (European Commission, 2020). Artificial intelligence is therefore not simply an advanced technology with applications in education, but also a discipline that integrates technical, ethical, pedagogical and social aspects (Fidalgo-Blanco et al., 2022). In this context, dialogue between technologists, educators, legislators and society at large is key to ensuring that the education of the future is able to take full advantage of AI, without losing sight of fundamental human values and a commitment to the common good (Selwyn, 2019).

Globally, the integration of AI into classrooms is becoming an opportunity for educators and trainers who seek to harness its potential to provide personalised education and improve learning outcomes. AI applications are proving to be valuable tools in this effort, enabling more targeted and effective instruction that adapts to each student's abilities and learning pace (Urquilla, 2022).

Objective

The purpose of this research is to evaluate applications through a rubric system based on criteria validated by specialised literature on the main artificial intelligence image generators available in academic databases for implementation in the field of teaching Graphic Expression in Engineering through the design of geometric layouts.

METHOD

This study takes a qualitative approach that is descriptive, evaluative and applied, involving a theoretical and exploratory documentary analysis, which will be resolved using a documented evaluation rubric. The rubric is structured using ordinal performance levels (Likert scale 1–5), allowing for a comparative assessment of different platforms using qualitative multi-criteria analysis methods.

Therefore, in order to carry out the analysis of the AIs, a selection of the most relevant aspects that characterise each of them has been made. These aspects are common to all of them and will therefore allow for a fair analysis (Lara, 2023):

- Visual quality and image resolution: evaluates the clarity, detail, and resolution of the generated images.
- Diversity and creativity: analyses the AI's ability to generate a wide range of styles, contexts, and concepts.
- Generation time: considers how long it takes the AI to generate images.
- Customisation capability: evaluates the extent to which image requests can be customised.
- Fidelity to input: assesses how well the AI understands and executes textual prompts or instructions.
- Interface and usability: Consider the ease of use of the platform or tool, including the user interface and overall user experience.
- Cost and accessibility: Analyse the cost of using the technology and its accessibility for different types of users, including individuals, businesses, and non-profit organisations.

The selection criteria for AIs will be mixed, based on both technological relevance and representative diversity.

Five artificial intelligence image generation models were selected for this study: DALL·E, MidJourney, Stable Diffusion, Craiyon AI, and Adobe Firefly. The selection responds to an intentional theoretical sampling strategy (Miñana 2024), seeking to represent architectural variety, accessibility, context of use, and ethical control.

Firstly, DALL·E was selected for its status as a multimodal model widely cited in academic literature (Lara, 2023), with an encoder-decoder architecture that integrates text and image and applies ethical moderation.

MidJourney represents proprietary models of high visual quality and professional creative use, although it is not available in open source (Berrío et al., 2023). Its inclusion allows commercial models to be evaluated from an educational and visual perspective.

Stable Diffusion stands out for its openness, scalability, and customisation capabilities, which allow it to be used in educational and artistic research (Miñana, 2024).

Craiyon AI, formerly known as DALL·E Mini, was incorporated for its accessibility and free availability.

Finally, Adobe Firefly offers a corporate approach with secure licensing, making it particularly useful in visual design or graphic communication training environments.

This combination of models allows for meaningful comparison from technical, ethical, and educational perspectives, covering diversity in image quality, semantic fidelity, efficiency, style control, and educational applicability (Toledo & Ruiz, 2025).

The following assessment rubric is developed:

Table 1. Assessment rubric

Criterion	1 (Very poor)	2 (Poor)	3 (Acceptable)	4 (Good)	5 (Excellent)
Image Quality and Resolution	Blurry, low-resolution images with poorly defined details.	Slightly improved resolution and detail, but still insufficient for practical use.	Adequate quality with some clear details, acceptable resolution for various uses.	High-quality images with good resolution and well-defined details.	Exceptional images with superior resolution and precise, realistic details.
Generation Time	Excessively long waiting times for generating images.	Slightly reduced generation times, but still slow for most applications.	Reasonable generation time for standard use.	Fast generation time, suitable for real-time applications.	Instantaneous or near-instantaneous image generation, ideal for any application.
Diversity and Creativity	It generates very similar images, with little variation or creativity.	Some variations in the images generated, but still limited in creativity.	Very creative, with acceptable creativity.	Good diversity of images with a wide range of styles and contexts.	Exceptionally creative, capable of generating unique and highly diverse images in any style.
Customisation Capability	Minimal or no ability to customise the generated images.	Some basic customisation options are available, but with limited impact on the result.	Appropriate customisation that allows for certain significant modifications to images.	Extensive customisation options allowing for detailed adjustments.	Exceptionally detailed customisation, allowing complete control over the final result.
Accuracy in Prompt Interpretation	AI rarely produces images relevant to the given prompt, with frequent misinterpretations.	Occasionally interprets prompts correctly, but with noticeable inconsistencies.	Acceptable interpretation of prompts with generally relevant results.	Good interpretation of prompts, with images well aligned with requests.	Excellent and accurate interpretation of any prompt, producing highly relevant results.
Cost and Accessibility	Tool that is very expensive or inaccessible to most potential users.	Somewhat high cost, which limits accessibility for some users.	Balanced cost-benefit ratio, accessible to the average user.	Reasonable cost for most users, with good accessibility.	Excellent accessibility, offering high value at low or no cost.
Interface and Usability	Complicated and unintuitive interface, difficult to use for most users.	Interface with a moderate learning curve, accessible with some effort.	Clear and reasonably manageable interface for most users.	Very good interface, easy to navigate for almost all users.	Exceptionally intuitive and user-friendly interface, offering an optimal user experience.

RESULTS

In order to achieve fairness in the analysis conditions of the different AIs, a rigorous methodology has been followed, marked by the following guidelines.

- The analysis was generated on the same day and within a short time frame to avoid biases due to the passage of time, as well as using the same internet connection.

To this end, a 600 Mbps fibre optic internet connection was used, connected via an RJ45 Cat6 network cable.

- The same equipment was used throughout to create the images for the different AIs. The equipment used was an ASUS. This model has an Intel(R) Core(TM) i56200U CPU @ 2.30GHz, 8.00 GB RAM and a Windows 10 Pro operating system.

- Similarly, the same prompts were used for each of the artificial intelligences in order to compare the results obtained from them. The prompts used were as follows:

Create an image of the projections of a quadrangular-based tetrahedron represented in a dihedral system. Technical style.

Create an image of a figure made using links related to the teaching unit on tangents. It must be bounded. Technical style.

MidJourney

Image quality and resolution: MidJourney generates high-quality images with fairly high resolution.

Diversity and creativity: This platform stands out for its ability to generate a wide variety of styles and concepts, displaying a high level of creativity in the images produced. It can create everything from art to complex conceptual representations.

Generation time: MidJourney works with fairly fast generation times. With the prompts used, it took around 12 seconds to generate the requested images.

Customisation capability: It allows for a high degree of customisation of the results, which can even be modified once they have been generated.

Accuracy in interpreting prompts: When interpreting prompts, it gives very good results, being quite reliable in the overall results, getting even the details right.

Interface and usability: The AI's interface is quite complex as it works in robot mode on Discord and has several channels and areas where it works.

Cost and accessibility: MidJourney is not currently free to use. It offers different monthly subscription plans, including the Basic Plan (10 \$), the Standard Plan (30 \$), the Pro Plan (60 \$) and the Mega Plan (120 \$).

Dall·E

Image quality and resolution: Images generated by Dall-E are high resolution and, with some exceptions, allow you to change the size of the generated images.

Diversity and creativity: This AI stands out for its ability to generate images in a wide range of styles and contexts. Dall-E is not particularly strong at hyperrealistic representations, being more meticulous in generating images in the style of drawings, paintings and similar techniques. If used on its website, it will always give a graphic result, which is also the case when used on ChatGPT 4. However, when used on Copilot, it generates four individual and differentiated results with the same prompt.

Generation time: Generation times are comparable for all three usage options. They respond in 10-13 seconds, which is considered a fairly quick response.

Customisation capabilities: Dall-E allows for considerable customisation in image requests.

Accuracy in interpreting prompts: Dall-E has a high response rate when interpreting prompts. This is evident in the results it offers the user, as it interprets prompts rigorously and provides results that are very consistent with what is being requested.

Interface and usability: DALL·E's interface is user-friendly and accessible, making it easy for users of different skill levels to generate images without complications.

Cost and accessibility: DALL·E has a pricing model that allows for a certain level of free use with payment options for more extensive use.

Stable diffusion

Image Quality and Resolution: Stable Diffusion is capable of generating high-resolution images with an extremely high level of detail. Its advanced technology allows for the creation of realistic and detailed images.

Diversity and Creativity: This AI stands out for its ability to generate a wide variety of images in multiple styles, from photorealism to specific artistic styles, making it extremely versatile and creative.

Generation Time: Image generation is relatively fast, although the exact time may depend on the technical specifications of the platform where it is running (e.g., in the cloud or on local hardware).

Customisation Capabilities: It offers a high degree of customisation, allowing users to adjust fine details of the generated images through advanced commands and prompt modifications.

Accuracy in Prompt Interpretation: Stable Diffusion is known for its ability to accurately interpret a wide range of prompts, generating images that closely align with user requests.

Interface and Usability: The user experience may vary depending on how Stable Diffusion is accessed (e.g., through third-party platforms or directly on local hardware), but it is generally considered to have a learning curve due to its advanced customisation options.

Cost and Accessibility: As an open-source tool, Stable Diffusion can be used free of charge, making it accessible to a wide range of users.

Craiyon AI

Image Quality and Resolution: Craiyon AI tends to generate lower resolution images compared to other tools mentioned.

Diversity and Creativity: Although images may lack the high resolution of other tools, Craiyon AI is capable of generating a wide variety of images, but without being creative or defined.

Generation Time: The generation speed is quite slow. It has a sixty-second limitation, which makes it quite unfavourable for producing quick, quality content.

Customisation Capability: Customisation is more limited compared to more advanced tools. Craiyon AI focuses on simplicity and ease of use.

Accuracy in Prompt Interpretation: The accuracy in interpreting prompts is really low. The images generated are more abstract and less detailed than those from more advanced tools.

Interface and Usability: Craiyon AI stands out for its extremely simple and user-friendly interface, making it accessible to all users.

Cost and Accessibility: As a free tool, Craiyon AI is highly accessible to users of all levels. However, a subscription can be purchased to remove the time limit.

Adobe firefly

Image Quality and Resolution: Adobe Firefly is a generative AI from Adobe Creative Cloud, which is currently in beta with closed source code.

Diversity and Creativity: This AI is focused on graphic design and the generation of images in realistic contexts.

Generation Time: Firefly responds quite quickly, with processing times of around 15 seconds for the prompts used.

Customisation Capabilities: It has a large task bar that allows you to select certain visual aspects that will then be included in the image it generates. This limits customisation, as the prompt cannot give instructions beyond those established by the task bar.

Accuracy in Prompt Interpretation: When interpreting prompts, it is quite accurate, except for style, as mentioned above.

Interface and Usability: The interface is very simple and intuitive.

Cost and Accessibility: The AI works with a monthly credit system. Each credit allows you to generate one image or set of images. Adobe Firefly allows you to generate twenty-five images per month for free, which are generated with a watermark.

Table 2. Evaluation results

	Mid Journey	Dall-E en ChatGPT	Dall-E en Copilot	Dall-E	Stable Difussion	Craiyon AI	Adobe Firefly
Image Quality and Resolution	5	5	5	5	3	2	4
Diversity and Creativity	5	5	5	5	3	2	3
Generation Time	3	4	3	3	3	2	4
Customisation Capability	5	4	4	3	4	3	2
Accuracy in Prompt Interpretation	5	4	4	4	2	3	3
Interface and Usability	2	3	5	4	3	3	5
Cost and Accessibility	3	3	4	3	3	3	3
Total	28	28	30	27	21	18	24

With all this in mind, OpenAI's Dall-E AI was selected with 30 points. It will be developed using Microsoft's native Copilot engine, as it responds optimally and technically to the needs of the methodological proposal without incurring additional costs for the university or students, thereby achieving its democratisation.

CONCLUSIONS

The results of this research demonstrate the power of generative artificial intelligence in the field of graphic expression in engineering. Through comparative and qualitative analysis of different image-generating AI platforms, and using a referenced multi-criteria evaluation rubric, it has been possible to determine not only which one offers superior performance, but also which factors determine its viability for the classroom from a didactic and technical perspective.

As Holmes et al. (2019) argue, 'the use of AI in education must be evaluated not only from a technical point of view, but also from a critical perspective that considers its didactic and ethical implications' (p.15). In line with this, Luckin et al. (2016) propose reference frameworks for the integration of AI in teaching that align with the evaluative approach adopted in this study, based on actual applicability in the classroom (p.12).

The evaluation rubric, rated from 1 to 5 following the Likert questionnaire structure used, has shown that tools such as DALL·E, run from Copilot, stand out for their balance between semantic and technical accuracy, visual quality and accessibility, being particularly useful in STEM educational contexts that seek to democratise access to emerging technologies (Wollscheid et al., 2021). This approach

makes it possible to overcome traditional barriers to accessing quality visual content, promoting more inclusive learning.

Thus, the results of this study are in line with a growing body of academic literature that promotes the educational use of generative AI from a humanistic and student-centred approach (Zawacki-Richter et al., 2019). Furthermore, the methodological approach developed here provides a replicable model for future research seeking to evaluate the impact of these technologies at different educational levels.

As a limiting factor to the study, it is considered that the sample of selected AIs could have been broader, which would surely have given more power to the results obtained. As a continuation of this study, it is suggested that the selected AI be put into practice for the development of more complex plans.

In conclusion, it is estimated that generative AI applied to image creation is not only viable for curricular integration in the area of Graphic Expression in Engineering, but also represents a powerful opportunity to redesign teaching materials, foster 21st-century skills, and strengthen the link between technology and culture in the classroom. However, this integration must be accompanied by rigorous teacher training, inclusive policies, and continuous evaluation to ensure the ethical, equitable, and meaningful use of these tools in teaching and learning processes.

REFERENCES

- Berrío, J., Calle, J., & Fernández, D. (2023). Generative artificial intelligence in 2023. *Digital Education Network*.
https://prometeo.matem.unam.mx/recursos/VariosNiveles/iCartesiLibri/recursos/Inteligencias_Artificiales_Generativas_2024/?page=2
- European Commission. (2020). *White Paper on AI – A European approach to excellence and trust*. <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/ac957f13-53c6-11ea-aece-01aa75ed71a1>
- Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M., & García-Peñalvo, F. (2022). Education 4.0-based method for improving learning: Lessons learned from COVID-19. *Ibero-American Journal of Distance Education*, 25, 49–72. <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.32320>
- Flores-Vivar, J. & García-Peñalvo, F. (2023). Reflections on the ethics, potential, and challenges of artificial intelligence in the framework of quality education (SDG4). *Comunicar*, 74, 37–47. <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Lara, J. (2023). *Image generation with artificial intelligence: Review of the current situation and practical applications*. Department of Computer Engineering, Miguel Hernández University of Elche. <http://dspace.umh.es/handle/11000/30268>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education.

Miñana, E. (2024). *Artificial intelligence models in image generation: Current situation and comparative analysis*. Polytechnic University of Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/210238>

Sanabria-Navarro, J., Silveira-Pérez, Y., Pérez-Bravo, D., & De Jesús-Cortina, M. (2023). Impact of AI on contemporary education. *Comunicar: Scientific Journal of Communication and Education*, 77.

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. John Wiley & Sons.

Toledo, J. & Ruiz, E. (2025). Productivity and creativity: Exploring the use and appropriation of artificial intelligence in contemporary communication in Mexico. *Communication and Society*. <https://www.comunicacionysociedad.cucsh.udg.mx/index.php/comsoc/article/view/e8769>

Túnez, J. & Tejedor, S. (2019). Artificial intelligence and journalism [Presentation of the monograph]. *Doxa Comunicación. Interdisciplinary Journal of Communication and Social Sciences Studies*, 29, 163–168. <https://doi.org/10.31921/doxacom.n29a8>

Urquilla, A. (2023). A journey towards AI in education. *Reality and Reflection*, 56, 121–136. <https://ri.ufg.edu.sv/jspui/handle/11592/9810>

Vázquez, E. (2022). UNESCO and the governance of artificial intelligence in a globalised world: The need for a new legal architecture. *Yearbook of the Faculty of Law, University of Extremadura*, 37, 273–302. <https://doi.org/10.17398/2695-7728.37.273>

Wollscheid, S., Opheim, V., & Vieira, L. (2021). Use of artificial intelligence in education: Evidence from European policy and practice. *European Educational Research Journal*, 20(5), 570–589. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/92273e25-f7c3-11ea-991b-01aa75ed71a1>

Zawacki-Richter, O., Marín, V., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

CAPÍTULO 29

CONFIGURANDO ECOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE EN LA ERA DIGITAL: EL METAVERSO COMO CATALIZADOR PEDAGÓGICO EN ENSEÑANZAS TÉCNICAS

JUDITH URTIAGA DE VIVAR GURUMETA, GASTÓN SANGLIER CONTRERAS,
CARLOS MIGUEL IGLESIAS SANZ, CÉSAR VICENTE MOLINA DOMÍNGUEZ,
YOLANDA BLANCO ARCHILLA, Y ANTONIO MADRID LÓPEZ
Universidad CEU San Pablo

INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo XXI asistimos a una explosión de entornos de aprendizaje interrelacionados que dan lugar a ecologías educativas cada vez más complejas y que a su vez configuran sistemas dinámicos que integran nuevas tecnologías. En este proceso de transformación, se están redefiniendo las formas de enseñar, aprender y construir conocimiento (González-Sanmamed et al., 2018).

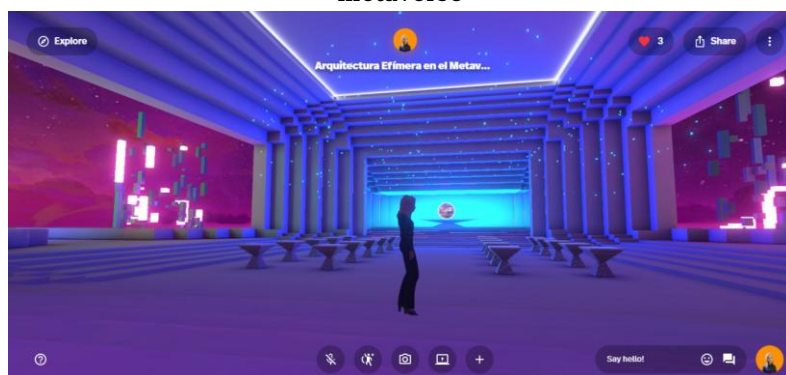
El concepto de ecologías del aprendizaje digitales, en este contexto, permiten abordar el entorno educativo como un sistema dinámico y relacional, en el que convergen múltiples elementos: tecnologías, metodologías, contenidos y experiencias. El aprendizaje no se limita a la transmisión de información, sino que implica la vivencia de procesos espaciales, constructivos y simbólicos. Estas ecologías no se limitan al aula física, sino que se expanden hacia espacios híbridos y virtuales, donde el aprendizaje se vuelve más personalizado, colaborativo y situado (Monsalve-Lorente y Aguasanta-Regalado, 2020).

Entre las tecnologías emergentes que están configurando estas nuevas ecologías, el metaverso destaca por su capacidad para generar entornos inmersivos tridimensionales que simulan experiencias reales y permiten la interacción en tiempo real mediante avatares. Este tipo de entornos ofrece oportunidades innovadoras para la educación, especialmente en disciplinas técnicas como la arquitectura, donde la comprensión espacial, la experimentación proyectual y la colaboración son elementos clave del proceso formativo. Según Gonzales Tito et al. (2023), el metaverso proporciona beneficios para la educación, al facilitar experiencias inmersivas que mejoran la calidad del aprendizaje, promueven la participación activa del alumnado y permiten la creación de escenarios pedagógicos más accesibles, flexibles y personalizados.

En este trabajo se presenta una experiencia docente centrada en la enseñanza de la arquitectura efímera a través del metaverso, entendida como una estrategia pedagógica innovadora que permite superar las limitaciones del aula tradicional. A

partir de un estudio de caso desarrollado en el contexto universitario, se analiza cómo el uso de un entorno virtual inmersivo puede potenciar la creatividad, la participación activa y el aprendizaje significativo de los estudiantes. Asimismo, se reflexiona sobre el papel del metaverso como catalizador de nuevas formas de enseñanza-aprendizaje, capaces de responder a los desafíos de la era digital y de enriquecer las prácticas educativas en las enseñanzas técnicas.

Figura 1. Captura de pantalla del entorno de aprendizaje personalizado en el metaverso



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

Situación actual del estado de la cuestión

La educación superior se encuentra en constante cambio y evolución, impulsado por la digitalización y la necesidad de responder a los desafíos de una sociedad cada vez más compleja, interconectada y tecnológica. En este contexto, las metodologías tradicionales de enseñanza, centradas en la transmisión unidireccional del conocimiento, han demostrado ser insuficientes para fomentar competencias como la creatividad, la colaboración o el pensamiento crítico, especialmente en las disciplinas técnicas.

La arquitectura efímera, entendida como el diseño de estructuras temporales con fuerte carga conceptual, simbólica y contextual, requiere de enfoques pedagógicos que favorezcan la experimentación, la simulación y la interacción con el espacio. Su capacidad para generar experiencias espaciales intensas en tiempos limitados la convierte en una herramienta eficaz para el aprendizaje activo y situado (Martínez Domingo y Blanco Martín, 2021).

Sin embargo, su enseñanza en entornos presenciales presenta algunas limitaciones. La imposibilidad de construir físicamente los proyectos por cuestiones de coste, tiempo o espacio reduce la experiencia del estudiante a representaciones bidimensionales o maquetas a escala, lo que dificulta la comprensión plena de las dinámicas espaciales, materiales y constructivas. Ante esta situación, las tecnologías

digitales emergen como aliadas estratégicas para superar estas barreras y enriquecer el proceso de aprendizaje.

En los últimos años, el metaverso ha ganado protagonismo como entorno virtual tridimensional que permite la creación de espacios inmersivos, interactivos y colaborativos. Desde el enfoque constructivista y sociocultural del aprendizaje (Vygotsky, 1978; Jonassen, 1999), el conocimiento se construye a través de la interacción con el entorno y con otros. El metaverso, al integrar realidad virtual, interacción social y simulación espacial, potencia estas dinámicas, promoviendo aprendizajes colaborativos y contextualizados (Avalos-Pulcha et al., 2023; Gonzales Tito et al., 2023).

Su aplicación en el ámbito educativo ha sido explorada en diversos estudios y proyectos. Por ejemplo, el Virtual Design Studio (Maher et al., 2000) demostró cómo los estudiantes de arquitectura podían colaborar en tiempo real desde diferentes ubicaciones, compartiendo modelos digitales y desarrollando propuestas conjuntas. Asimismo, plataformas como Second Life han sido utilizadas en contextos universitarios para simular entornos urbanos, permitiendo a los estudiantes experimentar con el diseño y la planificación de espacios en un entorno seguro y flexible.

Investigaciones recientes (Radianti et al., 2020; Dalgarno y Lee, 2010) han evidenciado que los entornos inmersivos favorecen la motivación, el aprendizaje activo y la adquisición de competencias espaciales. En el ámbito de la arquitectura, estas tecnologías permiten una aproximación más realista al diseño, al posibilitar la visualización y navegación en primera persona por los espacios proyectados y escenarios virtuales arquitectónicos. Además, fomentan el trabajo colaborativo y la co-creación, aspectos fundamentales en la formación de futuros profesionales del diseño.

A pesar de estos avances, la integración del metaverso en la enseñanza de la arquitectura efímera sigue siendo incipiente. Existen pocos estudios que aborden específicamente esta intersección, lo que evidencia la necesidad de generar experiencias piloto que permitan explorar su potencial pedagógico. Como señalan Cueva Tipán et al. (2024), aunque el metaverso ha demostrado ser una herramienta educativa prometedora en distintos niveles, su implementación en contextos específicos como la arquitectura efímera aún requiere de mayor experimentación y sistematización para comprender plenamente sus beneficios y desafíos. Este capítulo se inscribe en esa línea, proponiendo una experiencia concreta de implementación del metaverso como herramienta educativa en un contexto universitario, con el objetivo de contribuir al desarrollo de nuevas ecologías del aprendizaje en las enseñanzas técnicas, uniendo arquitectura efímera, tecnología inmersiva y pedagogía activa.

Figura 2. Captura de pantalla del entorno de aprendizaje personalizado en el metaverso



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

Descripción detallada del proyecto

El proyecto que se presenta en este capítulo se desarrolla en el marco de una asignatura universitaria de grado en arquitectura, centrada en el estudio y diseño de arquitecturas efímeras. Su objetivo principal es integrar el metaverso como entorno de aprendizaje para potenciar la comprensión espacial, la creatividad proyectual y la colaboración entre estudiantes. La propuesta se enmarca en una estrategia de innovación docente orientada a transformar las metodologías tradicionales mediante el uso de tecnologías inmersivas.

La experiencia se estructura en torno a un taller de diseño desarrollado en una plataforma de metaverso accesible y de código abierto, que permite la creación de un entorno virtual tridimensional personalizado. En este espacio, los estudiantes trabajan en equipos para diseñar y construir propuestas de arquitectura efímera, respondiendo a un reto temático vinculado con la intervención temporal en el espacio público. Cada grupo debe desarrollar un concepto, materializarlo en un modelo 3D y presentarlo dentro del entorno virtual, utilizando avatares personalizados para explicar su propuesta al resto de la clase.

El proyecto se propone a lo largo de un semestre académico, combinando sesiones teóricas sobre fundamentos de la arquitectura efímera, formación técnica en herramientas de modelado 3D y dinámicas colaborativas en el metaverso. La evaluación está basada en la calidad del diseño, la coherencia conceptual, la participación activa en el entorno virtual y la capacidad de trabajo en equipo.

Esta experiencia permite a los estudiantes experimentar con nuevas formas de representación y comunicación del proyecto arquitectónico, así como explorar las posibilidades expresivas y constructivas de la arquitectura efímera en un entorno sin las limitaciones físicas del espacio real. Además, fomenta una mayor implicación del alumnado, al ofrecer un contexto de aprendizaje más dinámico, participativo y

adaptado a sus competencias digitales. La evolución tecnológica abre nuevas posibilidades para la práctica arquitectónica, donde el arquitecto o el futuro arquitecto se convierte en diseñador de entornos virtuales y experiencias digitales que amplían la percepción del usuario.

Figura 3. Captura de pantalla del metaverso con alumnos participantes en espacio virtual personalizado



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

Objetivos del proyecto: Objetivos generales. Justificación del interés y viabilidad del proyecto

El presente proyecto tiene como finalidad principal explorar el potencial del metaverso como entorno de aprendizaje para la enseñanza de la arquitectura efímera en el ámbito universitario. A través de la implementación de un taller experimental en un entorno virtual tridimensional, se busca transformar la experiencia educativa tradicional en una vivencia inmersiva, colaborativa y creativa, alineada con las demandas de la era digital.

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Fomentar la creatividad y el pensamiento crítico mediante el diseño de estructuras efímeras en un entorno virtual que permita la experimentación sin las limitaciones físicas del espacio real.
- Integrar la tecnología inmersiva en el currículo de arquitectura, no como un recurso complementario, sino como un medio transformador que permite repensar los modos de enseñar y aprender, promoviendo una formación más integrada, participativa y crítica.
- Mejorar la comprensión de las dinámicas espaciales y constructivas, facilitando la visualización tridimensional y la interacción directa con los proyectos arquitectónicos.

- Promover el trabajo colaborativo a través de la interacción entre estudiantes mediante avatares en un espacio compartido, favoreciendo la comunicación y la co-creación.

- Evaluar la eficacia del metaverso como herramienta pedagógica, analizando su impacto en la motivación, la participación activa y el desarrollo de competencias técnicas y proyectuales.

Estos objetivos se articulan con una visión pedagógica centrada en el estudiante, que reconoce el valor de las tecnologías inmersivas para enriquecer las ecologías del aprendizaje en las enseñanzas técnicas.

La enseñanza de la arquitectura efímera plantea desafíos particulares en el contexto universitario, especialmente por su carácter transitorio, experimental y vinculado al espacio público. Tradicionalmente, su aprendizaje ha estado limitado por factores logísticos, económicos y espaciales que dificultan la materialización de los proyectos en entornos reales. Esta situación restringe la posibilidad de que los estudiantes vivan experiencias completas de diseño, construcción y evaluación de sus propuestas.

En este escenario, el metaverso se presenta como una solución innovadora y viable para superar estas limitaciones. Al ofrecer un entorno tridimensional inmersivo, accesible y personalizable, permite simular con gran realismo las condiciones espaciales y materiales de una intervención efímera. Esta capacidad de recrear escenarios arquitectónicos en un espacio virtual compartido abre nuevas oportunidades para el aprendizaje experiencial, la colaboración entre pares y la evaluación formativa.

El interés del proyecto radica en su alineación con las tendencias actuales de transformación digital en la educación superior, así como con los principios del aprendizaje activo y centrado en el alumno. Además, responde a la necesidad de integrar competencias digitales en la formación de futuros arquitectos, preparándolos para un entorno profesional cada vez más mediado por tecnologías emergentes.

La viabilidad del proyecto se sustenta en la disponibilidad de plataformas de metaverso de fácil acceso, en la infraestructura tecnológica del centro educativo y en la disposición de los alumnos a explorar nuevas formas de aprendizaje. Esta combinación de factores convierte al proyecto en una propuesta adecuada, factible y con alto potencial de impacto pedagógico.

MÉTODO

Descripción del material y la metodología que guiará el aprendizaje

La metodología adoptada en este proyecto se basa en el enfoque del aprendizaje experiencial y colaborativo, con una importante integración de tecnologías inmersivas. El proceso de enseñanza-aprendizaje se articula en torno a un taller de

arquitectura efímera desarrollado en un entorno de metaverso, donde los estudiantes diseñan, construyen y presentan sus proyectos en un espacio virtual tridimensional.

Las actividades se estructuran en cuatro fases:

- Exploración y formación inicial: Introducción al metaverso, sus posibilidades pedagógicas y técnicas. Formación en el uso de herramientas de modelado 3D y navegación en entornos virtuales.

- Diseño conceptual: Desarrollo de ideas y bocetos para una intervención efímera en el espacio público, con enfoque en la creatividad, el contexto y la sostenibilidad.

- Construcción virtual: Modelado y montaje de los proyectos en la plataforma de metaverso, con sesiones colaborativas en tiempo real.

- Presentación y evaluación: Exposición de los proyectos dentro del entorno virtual, con participación activa de los estudiantes como presentadores y evaluadores.

Justificación de la metodología desde el punto de vista de la adecuación a los objetivos a conseguir

La metodología responde directamente a los objetivos del proyecto, al fomentar la creatividad, la comprensión espacial y el trabajo colaborativo. El uso del metaverso permite una inmersión activa en el proceso de diseño, lo que favorece el desarrollo de competencias técnicas y proyectuales. Además, el enfoque experiencial permite a los estudiantes aprender haciendo, reflexionando sobre sus decisiones y adaptando sus propuestas en función de la retroalimentación recibida.

Adecuación de los materiales y metodología a cada uno de los tipos de actividad

Cada fase del proyecto se apoya en materiales y herramientas específicas:

- Exploración: Presentaciones interactivas, tutoriales en vídeo, guías de uso de plataformas y software.

- Diseño conceptual: Cuadernos digitales, moodboards, herramientas de dibujo y bocetado digital.

- Construcción virtual: Software de modelado 3D (SketchUp, Rhinoceros), plataformas de metaverso (Mozilla Hubs, Spatial), recursos de modelado colaborativo.

- Presentación: Grabación de recorridos virtuales, uso de avatares, rúbricas de evaluación compartidas.

La metodología se adapta a las distintas actividades, permitiendo tanto el trabajo individual como en equipo, y combinando sesiones sincrónicas y asincrónicas.

Recursos disponibles y su adecuación al proyecto

El proyecto cuenta con los siguientes recursos y materiales disponibles:

- Acceso a laboratorios informáticos con equipos de alto rendimiento, con capacidad gráfica adecuada, conexión a internet de alta velocidad y soporte técnico.

- Licencias de software de modelado 3D. Herramientas como SketchUp, AutoCad o Rhinoceros son usadas para el diseño de las estructuras efímeras.

- Asistencia técnica para el uso de plataformas de metaverso. En este caso se selecciona una plataforma accesible, gratuita y compatible con navegadores web, que permita la creación de entornos personalizados y la interacción mediante avatares.

- Espacios virtuales preconfigurados para el desarrollo de los talleres.

- Acompañamiento docente y tutorías especializadas junto con materiales de apoyo: Se elaboran guías didácticas, videotutoriales y recursos de consulta para facilitar el aprendizaje autónomo de las herramientas digitales.

Además de las sesiones de diseño y simulación, se organizan actividades complementarias como:

-Charlas con expertos en arquitectura efímera y tecnologías inmersivas.

-Visionado y análisis de casos de estudio relevantes.

-Foros de discusión en línea para compartir avances y resolver dudas.

-Diarios reflexivos individuales, donde los estudiantes documentan su proceso de aprendizaje.

Asimismo, se promueve el uso de dispositivos personales (BYOD) y se garantiza la accesibilidad a los recursos digitales desde cualquier lugar, favoreciendo la flexibilidad y la continuidad del aprendizaje.

Indicadores y modo de evaluación

La evaluación se basa en una combinación de instrumentos cualitativos y cuantitativos:

- Participación activa: Registro de asistencia, interacción en el metaverso, contribuciones en foros y sesiones colaborativas.

- Calidad del diseño: Originalidad, coherencia conceptual, resolución técnica y adecuación al contexto.

- Competencias desarrolladas: Habilidades digitales, trabajo en equipo, pensamiento crítico y capacidad de comunicación visual.

- Satisfacción del estudiante: Encuestas de percepción y entrevistas semiestructuradas.

- Sesiones de reflexión crítica: Diarios de aprendizaje, autoevaluaciones y sesiones conjuntas de puesta en común.

Tabla 1. Rúbrica de evaluación propuesta

Criterio	Excelente (4)	Notable (3)	Aprobado (2)	Insuficiente (1)
Dominio del contenido técnico	Demuestra comprensión profunda de los conceptos de arquitectura efímera y los aplica con creatividad en el entorno virtual.	Aplica correctamente los conceptos, aunque con menor profundidad o innovación.	Muestra comprensión básica, con errores menores o falta de profundidad.	Presenta confusión o errores significativos en los conceptos técnicos.
Interacción en el entorno virtual	Participa activamente, explora el entorno, colabora con otros y aprovecha todas las funcionalidades del metaverso.	Interactúa adecuadamente, aunque con menor iniciativa o aprovechamiento de recursos.	Participa de forma limitada o pasiva, con escasa exploración del entorno.	No interactúa o presenta dificultades técnicas sin resolver.
Diseño y ejecución del proyecto efímero	El diseño es innovador, funcional y bien adaptado al entorno virtual; ejecución impecable.	Diseño adecuado y funcional, con ejecución correcta aunque con detalles mejorables.	Diseño básico, con ejecución aceptable pero con errores o limitaciones.	Diseño poco claro o incoherente, ejecución deficiente.
Trabajo colaborativo	Colabora eficazmente con el equipo, aporta ideas y respeta los roles y tiempos.	Participa en el trabajo grupal, aunque con menor implicación o liderazgo.	Colabora de forma puntual, con escasa iniciativa o comunicación.	No colabora o dificulta el trabajo del grupo.
Reflexión crítica sobre el uso del metaverso	Analiza con profundidad las ventajas, limitaciones y potencial del metaverso en la enseñanza técnica.	Reflexiona adecuadamente, aunque sin profundizar en aspectos críticos.	Muestra una reflexión básica, centrada en aspectos superficiales.	No realiza reflexión o presenta ideas poco fundamentadas.
Cumplimiento de los objetivos de aprendizaje	Supera ampliamente los objetivos planteados, demostrando autonomía y pensamiento crítico.	Cumple los objetivos con solvencia y demuestra comprensión.	Cumple parcialmente los objetivos, con apoyo o correcciones.	No alcanza los objetivos mínimos establecidos.

Fuente: Elaboración propia

Se propone la siguiente ponderación de la rúbrica de evaluación.

- Dominio del contenido técnico: 20%.
- Interacción en el entorno virtual: 15%.
- Diseño y ejecución del proyecto: 25%.
- Trabajo colaborativo: 15%.
- Reflexión crítica: 15%.
- Cumplimiento de objetivos: 10%.

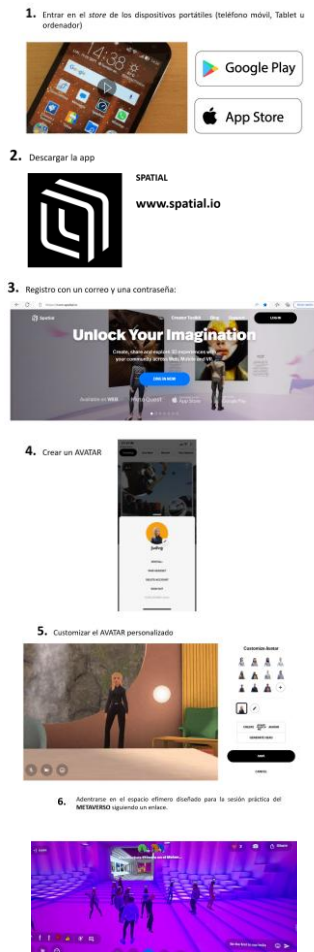
Organización y planificación del proyecto

El proyecto se desarrolla a lo largo de un semestre académico (16 semanas), con una planificación distribuida en:

-Semanas 1–3: Introducción teórica, formación técnica y exploración del metaverso. Fase de exploración y formación

Durante las primeras semanas del semestre, se introduce a los estudiantes en el concepto de metaverso y su aplicación en contextos educativos. Se realizan sesiones teóricas sobre arquitectura efímera, así como talleres prácticos para familiarizarse con las herramientas digitales necesarias, incluyendo software de modelado 3D (como SketchUp, AutoCad o Rhinoceros) y la plataforma de metaverso seleccionada (por ejemplo, Spatial).

Figura 4. Guía de aprendizaje de introducción al metaverso



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

-Semanas 4–7: Desarrollo conceptual y diseño preliminar.

En esta etapa, los estudiantes, organizados en equipos, desarrollan propuestas de intervención efímera en el espacio público, basadas en un reto temático (por ejemplo, “pabellones feriales efimeros” o “instalaciones para la reflexión de transformación de un espacio efímero”). Se promueve la investigación contextual, la elaboración de bocetos y maquetas digitales, y la definición de los objetivos y valores de cada propuesta.

Figura 5. Captura de pantalla del entorno de aprendizaje personalizado en el metaverso. Galería de pabellones internacionales efimeros

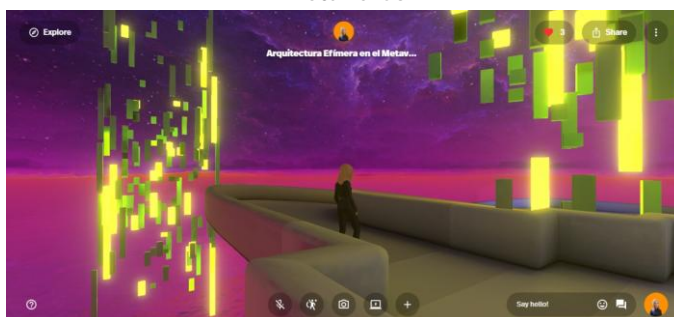


Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

-Semanas 8–12: Modelado y construcción en el entorno virtual.

Una vez definidos los conceptos, los equipos trasladan sus diseños al entorno virtual. Utilizando herramientas de modelado y programación básica, construyen sus estructuras dentro del metaverso, configurando el espacio, los materiales, la iluminación y la interacción con los usuarios. Esta fase incluye sesiones de trabajo colaborativo en tiempo real, donde los estudiantes pueden recorrer los espacios diseñados, realizar ajustes y recibir retroalimentación de sus compañeros y docentes.

Figura 6. Captura de pantalla del entorno de aprendizaje personalizado en el metaverso



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

-Semanas 13–15: Presentación de proyectos y evaluación.

Al finalizar el proceso de diseño, cada equipo presenta su proyecto dentro del metaverso, utilizando sus avatares para guiar al público por la instalación. Las presentaciones son evaluadas por el profesorado y por los propios estudiantes, siguiendo una rúbrica que valora la creatividad, la coherencia conceptual, la calidad del diseño, la interacción espacial y la capacidad de trabajo en equipo.

Figura 7. Captura de pantalla del entorno de aprendizaje personalizado en el metaverso. Galería de pabellones internacionales efímeros



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

-Semana 16: Reflexión final, análisis de resultados y cierre del proyecto.

Esta planificación permite una progresión gradual en la adquisición de competencias, asegurando una experiencia de aprendizaje integral, coherente y significativa.

Figura 8. Captura de pantalla del entorno de aprendizaje personalizado en el metaverso



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

El proyecto plantea una serie de resultados esperados que se alinean con los objetivos pedagógicos propuestos y con los principios del aprendizaje activo, colaborativo y experiencial. En primer lugar, se anticipa un incremento importante en la participación y el compromiso de los futuros profesionales, motivado por la novedad del entorno inmersivo y la posibilidad de interactuar con sus diseños en tiempo real. La naturaleza lúdica y exploratoria del metaverso se espera que fomente una actitud más proactiva hacia el aprendizaje.

En segundo lugar, se prevé una mejora en la comprensión de las dinámicas espaciales y constructivas propias de la arquitectura efímera. La posibilidad de recorrer, modificar y experimentar con los espacios diseñados dentro del entorno virtual permite a los estudiantes visualizar de forma más precisa las proporciones, escalas, relaciones espaciales y efectos sensoriales de sus propuestas.

Figura 9. Captura de pantalla del metaverso con alumnos participantes en espacio virtual personalizado



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

Asimismo, se espera que el proyecto potencie las competencias digitales y proyectuales del alumnado, al integrar herramientas de modelado 3D, plataformas de metaverso y dinámicas de trabajo colaborativo en línea. Esta combinación de habilidades técnicas y blandas es fundamental para la formación de profesionales capaces de desenvolverse en contextos laborales cada vez más digitalizados y multidisciplinarios.

Finalmente, se anticipa que la experiencia contribuya a generar nuevas formas de evaluación, más centradas en el proceso que en el resultado final, y que promueva una cultura de aprendizaje basada en la reflexión, la co-creación y la mejora continua. Estos resultados no solo beneficiarán a los estudiantes participantes, sino que también ofrecerán evidencias para la consolidación de nuevas metodologías en la enseñanza de las disciplinas técnicas.

Tabla 2. Tabla de competencias y evidencias de los resultados

Competencia a desarrollar	Evidencia esperada
Comprensión espacial	Mejora en la organización y escala de los proyectos
Creatividad	Diversidad de propuestas y soluciones innovadoras
Trabajo colaborativo	Coordinación efectiva entre equipos mediante avatares
Autonomía en el aprendizaje	Uso autónomo de herramientas digitales y toma de decisiones

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del taller evidencian el impacto positivo del metaverso en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la arquitectura efímera.

A pesar de estos resultados positivos, se identifican algunas limitaciones y desafíos:

- Curva de aprendizaje inicial en el uso de la plataforma.
- Necesidad de recursos tecnológicos adecuados.
- Requiere formación docente específica en entornos inmersivos.

CONCLUSIONES

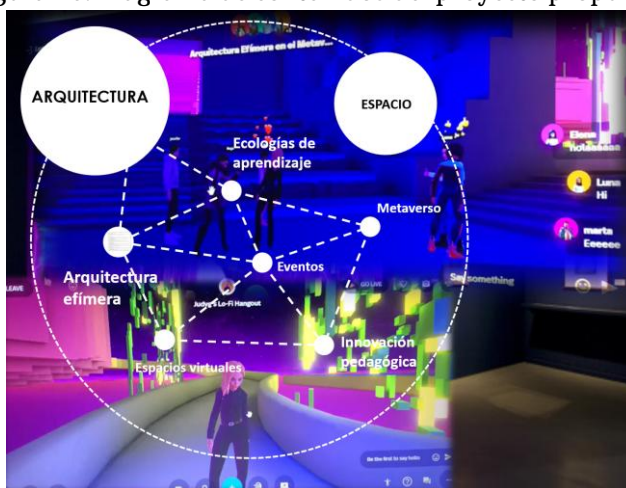
La implementación del metaverso como herramienta educativa en la enseñanza de la arquitectura efímera demuestra ser una estrategia innovadora y eficaz para transformar las prácticas pedagógicas en las enseñanzas técnicas. Esta experiencia nos permite constatar que los entornos virtuales inmersivos no solo enriquecen las dinámicas de aprendizaje, sino que también amplían las posibilidades de experimentación, diseño y colaboración entre estudiantes.

Uno de los principales logros del proyecto es la creación de una ecología del aprendizaje más abierta, flexible y centrada en el estudiante. El metaverso facilita la construcción de un espacio donde los alumnos no solo consumen conocimiento, sino que lo producen activamente, interactuando con sus pares y con el entorno digital. Esta transformación favorece el desarrollo de competencias clave como la creatividad, la comunicación visual, el pensamiento crítico y la alfabetización digital.

Asimismo, el proyecto evidencia que el metaverso puede superar muchas de las limitaciones inherentes a la enseñanza presencial de la arquitectura efímera, como la imposibilidad de construir físicamente los proyectos o la dificultad para experimentar con escalas reales. Al trasladar el proceso proyectual a un entorno virtual, los estudiantes pueden explorar nuevas formas de representación, materialidad y espacialidad, sin las restricciones del mundo físico.

Finalmente, esta experiencia abre la puerta a futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de la educación técnica, invitando a repensar los espacios y métodos de enseñanza desde una perspectiva más tecnológica, inclusiva y creativa. El metaverso, en este sentido, no es solo una herramienta, sino un catalizador de nuevas formas de aprender, enseñar y proyectar en la era digital.

Figura 10. Diagrama de contenidos del proyecto propuesto



Fuente: Elaboración propia. Captura realizada en la plataforma Spatial

REFERENCIAS

- Ávalos-Pulcha, J. L., Padilla-Caballero, J. E. A., Zubiaur-Alejos, M. Á., y Poma-García, J. L. (2023). El metaverso: Una estrategia para el impulso de la educación digital. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(Supl. 2), 662–683. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i2.2944>
- Cueva Tipán, E. A., Pacheco Bone, M. A., Alcívar Flores, P. del P., Pinta Rosales, I. M., y Vera Cantos, D. A. (2024). Metaverso como estrategia metodológica aplicada en el área de la educación: Una revisión de la literatura académica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17055
- Dalgarno, B. y Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Gonzales Tito, Y. M., Quintanilla López, L. N., y Pérez Gamboa, A. J. (2023). Metaverse and education: A complex space for the next educational revolution. *Metaverse Basic and Applied Research*, 2, 56. <https://doi.org/10.56294/mr202356>
- González-Sanmamed, M., Sangrà, A., Souto-Seijo, A., y Estévez Blanco, I. (2018). Ecologías de aprendizaje en la era digital: desafíos para la educación superior. *Publicaciones*, 48(1), 25–45. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v48i1.7329>
- Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. En C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2, pp. 215–239). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Maher, M. L., Simoff, S. J., y Cicognani, A. (2000). *Understanding virtual design studios*. Springer.
- Martínez Domingo, Y. y Blanco Martín, J. (2021). andamiARTE: la Arquitectura Efímera como herramienta pedagógica. En *JIDA'21 - IX Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://doi.org/10.5821/jida.2021.10565>

Monsalve-Lorente, L. y Aguasanta-Regalado, M. E. (2020). Nuevas ecologías del aprendizaje en el currículo: la era digital en la escuela. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 19(1), 139–154. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.19.1.139>

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., y Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press

CAPÍTULO 30

HARRY POTTER Y LAS NARRATIVAS DE FANTASÍA COMO RECURSO DE INNOVACIÓN DOCENTE PARA EXPLICAR LA EVASIÓN DE LA RESPUESTA INMUNITARIA FRENTE A PATÓGENOS

ELIZABETH VALDIVIESO BLANCO, CAROLINA HURTADO MARCOS,
LUCIANNA VACCARO MUÑOZ, MARÍA DOLORES OLLERO BACEIREDO,
Y FERNANDO IZQUIERDO ARIAS
Universidad CEU San Pablo

INTRODUCCIÓN

La educación superior en ciencias de la salud enfrenta el reto constante de mantener la motivación y el compromiso de un estudiantado inmerso en entornos digitales y culturales diversos. Los denominados nativos digitales aprenden mejor cuando el conocimiento se presenta en marcos simbólicos familiares y emocionalmente significativos (Safapour et al., 2019; Bhuvaneshwaran et al., 2021). En este contexto, las narrativas de ficción, los superhéroes y las sagas cinematográficas constituyen poderosos instrumentos de alfabetización simbólica y emocional que pueden actuar como vehículos para el aprendizaje científico (Campbell-Staton y Darby, 2017–2020, Grachan et al., 2023; Asri et al., 2024).

El empleo de recursos narrativos en la enseñanza universitaria se alinea con enfoques como la gamificación, el storytelling y el aprendizaje situado, los cuales sostienen que el conocimiento se asimila con mayor profundidad cuando el estudiante se identifica con la experiencia formativa (Freeman et al., 2014; Serrano y Biedermann, 2015; Bai, 2022). Desde una perspectiva constructivista, estas estrategias favorecen la construcción de significados compartidos y la conexión entre el saber científico y la cultura popular.

En disciplinas como la Inmunología, los procesos dinámicos y multifactoriales, como los mecanismos de evasión de la Respuesta Inmunitaria (RI), suelen resultar conceptualmente abstractos para el alumnado. La variación antigénica, la inhibición de la presentación de antígenos o la formación de biopelículas son fenómenos difíciles de visualizar, lo que obstaculiza la comprensión. Integrar referentes narrativos conocidos, como el universo de Harry Potter, permite ofrecer metáforas pedagógicas que concretan visual y emocionalmente dichos procesos (Stranford et al., 2020; Bryant, 2021; Willis y Bryant, 2022).

El presente trabajo describe una intervención docente en la que se utilizaron metáforas derivadas de la saga Harry Potter como marco narrativo para explicar mecanismos de evasión inmunitaria. El objetivo fue evaluar su impacto en la

comprensión conceptual y la motivación del alumnado, así como analizar la percepción de innovación y la mejora del rendimiento académico tras la implementación de la estrategia.

MÉTODO

Diseño de la intervención

La intervención se llevó a cabo durante el curso 2023/2024 en la Facultad de Farmacia de la Universidad San Pablo CEU. Participaron estudiantes del Grado en Farmacia y Biotecnología (n = 33) en la asignatura de Inmunología. La experiencia se basó en metodologías activas (Stranford et al., 2020) y en un enfoque de aprendizaje experiencial y gamificado (Bell, 2010; Serrano yBiedermann, 2015, Safapour et al., 2019).

Durante las sesiones teóricas y seminarios, el profesorado explicó los principales mecanismos de evasión de la RI utilizando metáforas inspiradas en los “hechizos” de Harry Potter. Cada grupo de patógenos fue asociado a una “casa” de Hogwarts y a un “hechizo” que representaba su estrategia de evasión (Tabla 1). Por ejemplo, la “Capa de Invisibilidad” se empleó para ilustrar el camuflaje antigénico de *Schistosoma mansoni*, y “Levicorpus” para describir la producción de proteínas captadoras de anticuerpos en *Staphylococcus aureus*.

Tabla 1. Correlación entre los hechizos de magia de la saga de Harry Potter y los principales mecanismos de evasión de la Respuesta Inmunitaria de distintos patógenos

PATÓGENO	HECHIZO	MECANISMO DE EVASIÓN DE LA RESPUESTA INMUNITARIA
<i>Schistosoma mansoni</i>	Capa de Invisibilidad	Camuflaje antigénico mediante adquisición de moléculas del hospedador.
<i>Trypanosoma spp.</i>	Reductus	Variación antigénica de glicoproteínas de superficie (VSG) del parásito.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Levicorpus	Producción de proteínas bacterianas que capturan a los anticuerpos, desviando la opsonización por macrófagos.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Protego	Formación de biopelículas que protegen a la bacteria de la fagocitosis y el reconocimiento por anticuerpos del hospedador.
Adenovirus	Imperio	Inhibición de la apoptosis y manipulación del ciclo celular del hospedador.
Virus de la Influenza	Transformación Varía	Modificación constantemente de antígenos de superficie del virus, evitando el reconocimiento.
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Engorgio	Producción de cápsula de polisacáridos voluminosa que impide la fagocitosis.

Estas metáforas fueron seleccionadas por su poder simbólico y su conexión directa con los procesos inmunológicos reales, lo que facilitó la comprensión de los conceptos complejos. La actividad se complementó con materiales audiovisuales, imágenes temáticas, música de la saga y dinámicas de participación en formato seminario.

Aunque los estudiantes no asumieron los roles, esta actividad constituyó una demostración gamificada basada en role-play (Bai, 2022; Willis y Bryant, 2022), que permitió visualizar de manera clara el flujo de trabajo de los mecanismos de evasión dentro de un contexto lúdico, ambientado con imágenes y música de la saga, reforzando la comprensión de los conceptos complejos (Willis y Bryant, 2022).

Instrumentos de evaluación

Para evaluar la eficacia de la intervención se aplicaron dos estrategias complementarias:

1. Comparación del rendimiento académico entre la cohorte 2023/2024 ($n = 33$ estudiantes), que participó en la actividad basada en narrativas de fantasía, y la cohorte 2022/2023 ($n = 30$ estudiantes), que recibió enseñanza tradicional. Se analizaron las calificaciones finales de la asignatura, considerando la distribución de notas y la proporción de estudiantes en los diferentes intervalos de rendimiento. Este análisis permitió determinar si la estrategia narrativa influía de manera significativa en la comprensión y retención de los contenidos inmunológicos. En ambos cursos, los exámenes de las distintas convocatorias mantuvieron el mismo nivel de dificultad, y los mismos criterios de evaluación, garantizando la equidad y coherencia en la valoración del rendimiento de los estudiantes, independientemente de la fecha de realización.

2. Cuestionario mixto de percepción estudiantil, diseñado ad hoc y validado por juicio de expertos (equipo docente). El cuestionario incluyó 15 ítems tipo Likert (1–5) sobre comprensión, motivación, utilidad, satisfacción y percepción de innovación, además de preguntas abiertas para recoger opiniones cualitativas. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y análisis temático de las respuestas abiertas. La participación del alumnado fue voluntaria y anónima. Los datos académicos se analizaron de forma agregada y conforme a las normas éticas de la Universidad San Pablo CEU para proyectos de innovación docente.

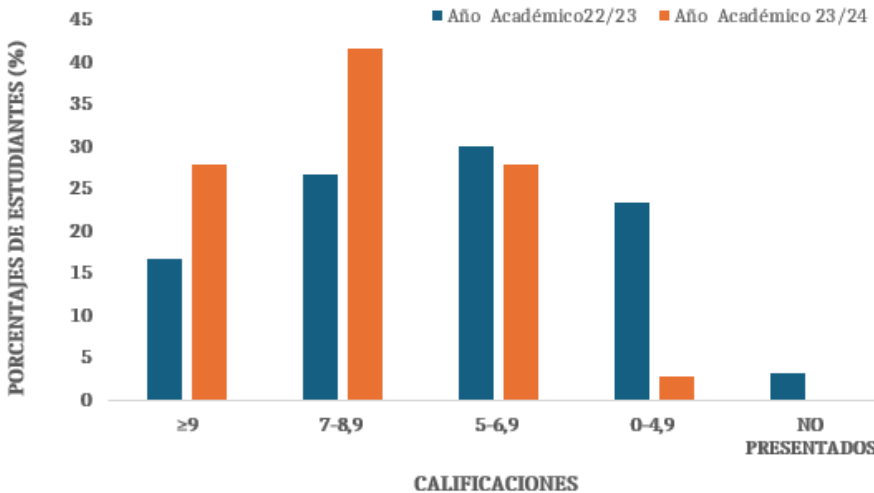
RESULTADOS

Con el propósito de evaluar la eficacia de la estrategia de innovación docente basada en la relación entre los “trucos de magia” de Harry Potter y los mecanismos de evasión de la RI, se analizaron tanto los resultados académicos del alumnado como su percepción sobre la actividad. Esta aproximación permitió integrar indicadores

cuantitativos y cualitativos, ofreciendo una visión completa del impacto de la intervención educativa.

La evaluación del rendimiento académico de los estudiantes del Grado en Farmacia/Biotecnología se realizó mediante un análisis comparativo de los resultados obtenidos antes de la implementación de la actividad (curso 2022/2023) y después de su aplicación (curso 2023/2024) (Gráfica 1).

Gráfica 1. Distribución de calificaciones de los estudiantes de los Grados Farmacia/Biotecnología antes (2022/2023) y después (2023/2024) de la implementación de la estrategia de innovación docente



Los resultados evidencian una mejora sustancial en el rendimiento académico tras la implementación de la intervención narrativa. En la cohorte 2023/2024 se observó un incremento del 25 % en la tasa de aprobados, que pasó de 73,3 % en 2022/2023 a 97,2 %, reflejando un avance significativo en la consolidación de los aprendizajes. Además, aumentó el porcentaje de estudiantes con calificaciones superiores a 7, particularmente en el rango de 7 a 8,9, donde la proporción casi se duplicó respecto al curso anterior. De forma paralela, se registró una disminución en la proporción de estudiantes con notas inferiores a 7, lo que sugiere una reducción de las dificultades de comprensión conceptual. También es destacable la disminución del número de alumnos no presentados. En cuanto a los reconocimientos académicos, se obtuvo una Matrícula de Honor adicional en el curso 2023/2024 en comparación con el 2022/2023.

Para complementar el análisis del rendimiento académico, se examinó la percepción del alumnado respecto a la actividad Harry Potter y la evasión de la RI. La

muestra incluyó a 33 estudiantes, y los datos recolectados permitieron evaluar de manera integral aspectos clave del aprendizaje, tales como la comprensión conceptual, la relevancia y utilidad de los ejemplos, la motivación, la valoración de la innovación docente y la satisfacción general.

Tabla 2. Síntesis de las valoraciones del alumnado sobre la experiencia de innovación docente

ÍTEM EVALUADO	MEDIA (1-5)	% PUNTUACIONES 4-5
Claridad y facilidad de los ejemplos	4,7	96,6
Las charlas ayudaron a entender los temas	4,4	90,0
Actividad divertida y educativa	4,6	93,4
El profesorado mantuvo el interés	4,5	93,3
La charla ayudó a preparar el examen	4,1	73,4
Deseo de más actividades similares	4,6	>90
No me gustó la actividad (ítem inverso)	1,9	—
Eficacia de los materiales didácticos	4,6	90
Eficacia de los ejemplos utilizados	4,7	96
Satisfacción con los conocimientos adquiridos	4,6	93
Calificación de la innovación docente	4,8	97
Probabilidad de recomendar la actividad	4,7	95
Volvería a escuchar la charla	4,8	100

Nota: Las valoraciones se realizaron en una escala Likert de 1 (mínima) a 5 (máxima). Los porcentajes reflejan la proporción de respuestas agrupadas en las categorías 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo)

En términos generales, los resultados reflejan una valoración muy positiva de la experiencia (Tabla 2). Las puntuaciones medias oscilaron entre 4,1 y 4,8 puntos, evidenciando una fuerte aceptación de la propuesta didáctica. La claridad y facilidad de comprensión de los ejemplos alcanzó una media de 4,7, con un 96,6 % de respuestas entre 4 y 5, lo que sugiere que la contextualización mediante el universo narrativo de Harry Potter favoreció la asimilación de los contenidos científicos. De modo similar, la percepción de que las charlas ayudaron a entender los temas tratados obtuvo una media de 4,4, mientras que la consideración de la actividad como divertida y educativa alcanzó 4,6 puntos y un 93,4 % de respuestas favorables.

El interés mantenido por el profesorado ($M = 4,5$; 93,3 % en 4-5) y la satisfacción con los conocimientos adquiridos ($M = 4,6$; 93 %) refuerzan la idea de un aprendizaje significativo y dinámico. Aunque la utilidad de la actividad para la preparación del examen fue algo más moderada ($M = 4,1$), se mantiene dentro de una valoración positiva. La eficacia de los materiales y ejemplos se situó entre 4,6 y 4,7, y la percepción de innovación docente alcanzó la puntuación más alta ($M = 4,8$; 97 % en 4-5), evidenciando el reconocimiento del carácter creativo del proyecto.

Finalmente, la probabilidad de recomendar la actividad ($M = 4,7$) y la disposición a repetirla ($M = 4,8$; 100 % en 4-5) reflejan una aceptación casi unánime, mientras

que la afirmación inversa “no me gustó la actividad” registró solo 1,9 puntos de media, confirmando el elevado nivel de satisfacción.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

La enseñanza teórica tradicional ha demostrado ser eficaz históricamente para transmitir conocimientos fundamentales; sin embargo, en la actualidad, aunque puede resultar útil en determinados contextos, la comprensión de fenómenos complejos en ciencias de la salud, como los mecanismos de evasión inmunitaria, presenta dificultades para la generación actual de estudiantes, quienes interactúan de manera constante con entornos digitales y culturales diversos (Safapour et al., 2019; Bhuvaneshwaran et al., 2021). En este escenario, la incorporación de elementos narrativos y simbólicos permite establecer un puente entre el conocimiento científico y la experiencia del alumnado, proporcionando marcos familiares que facilitan la asimilación de conceptos abstractos y, al mismo tiempo, fomentan la motivación, la curiosidad y la participación en el aprendizaje. Esta aproximación responde a la necesidad de adaptar la enseñanza universitaria a contextos de aprendizaje multimodal, donde las experiencias emocionales y simbólicas pueden potenciar la retención y la comprensión conceptual.

Los resultados de este proyecto de innovación docente evidencian que el uso de metáforas derivadas de la saga Harry Potter permitió una mejora significativa en el rendimiento académico y en la percepción del aprendizaje. En concreto, el porcentaje de estudiantes con calificaciones superiores a 7 casi se duplicó tras la implementación de la actividad, mientras que se redujo la proporción de quienes obtuvieron calificaciones inferiores a ese umbral. El análisis cualitativo reveló, además, un aumento en el interés y la implicación activa del alumnado durante las sesiones, lo que sugiere una mejora en la conexión afectiva con los contenidos. En conjunto, estos hallazgos refuerzan la idea de que las narrativas culturales operan como herramientas cognitivas y emocionales capaces de transformar el aprendizaje abstracto en una experiencia significativa.

La evidencia disponible respalda esta interpretación. Bryant (2021) y Willis y Bryant (2022) documentaron experiencias similares en las que el universo de Harry Potter fue utilizado como eje estructurante de actividades gamificadas en educación médica. En ambos estudios, la narrativa fantástica facilitó la revisión de contenidos complejos antes de exámenes finales y fomentó la participación y el sentido de comunidad entre los estudiantes. Estos hallazgos coinciden con los resultados observados en nuestro trabajo, donde la narrativa mágica actuó como metáfora cognitiva para los mecanismos de evasión inmunitaria, permitiendo traducir procesos biológicos abstractos, como la variación antigénica o la formación de biopelículas, en imágenes mentales concretas y culturalmente reconocibles. Este tipo de correlaciones

narrativas, además, potencia la memoria a largo plazo al conectar el conocimiento científico con referentes simbólicos ya consolidados en la cultura popular, favoreciendo procesos de codificación dual (verbal e icónica) descritos por la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (Mayer, 2009).

Diversas investigaciones en didáctica de las ciencias confirman que la combinación de metáforas culturales y estrategias de gamificación puede actuar como un catalizador de aprendizaje profundo, en tanto promueve una participación y una comprensión contextualizada del conocimiento (Asri et al., 2024; Willis y Bryant, 2022). En el presente estudio, el empleo de metáforas inspiradas en la saga Harry Potter posibilitó traducir mecanismos inmunitarios complejos en imágenes mentales concretas, culturalmente reconocibles y emocionalmente significativas. De este modo, la narrativa no solo funcionó como un recurso motivacional, sino también como un dispositivo epistémico que medió entre la abstracción del contenido de un tema tan complejo como la evasión de la RI, y la experiencia cognitiva del estudiante.

El trabajo “Avengers Assemble! Using Pop-Culture Icons to Communicate Science” (Zehr, 2014) aporta un marco teórico robusto que sustenta la efectividad de este enfoque pedagógico. En dicha contribución, Zehr argumenta que los íconos de la cultura popular constituyen instrumentos de alfabetización simbólica de alta eficacia, en tanto ofrecen un “paisaje mental” compartido, familiar y cognitivamente accesible, que facilita la asimilación de contenidos científicos de elevada complejidad. El autor desarrolla la denominada “hipótesis del punto medio” (*middle-ground hypothesis*), según la cual la comprensión colectiva de estos referentes actúa como un vehículo de mediación semiótica entre el discurso científico y la audiencia. Este mecanismo permite que el conocimiento especializado sea reinterpretado dentro de un contexto menos amenazante y más propicio para el aprendizaje significativo, promoviendo una interacción pedagógica fluida, emocionalmente resonante y conceptualmente sólida entre el estudiante y los contenidos académicos. La experiencia aquí descrita confirma esa hipótesis, mostrando cómo las metáforas mágicas facilitaron la apropiación de conceptos inmunológicos a través de una experiencia emocional y culturalmente compartida.

En consonancia con esta perspectiva, las analogías utilizadas en la presente experiencia, como la “Capa de Invisibilidad” para *Schistosoma mansoni* o “Levicorpus” para *Staphylococcus aureus*, funcionaron como metáforas cognitivas que operan en el mismo nivel de accesibilidad simbólica descrito por Zehr (2014). Del mismo modo que personajes como Batman o Iron Man permiten explorar principios de fisiología, tecnología de asistencia o neurociencia (Zehr, 2014), los “trucos de magia” de Harry Potter facilitaron la comprensión de los mecanismos de evasión inmunitaria mediante un lenguaje compartido y lúdico. Esta traducción cultural no trivializa el contenido científico, sino que lo recontextualiza dentro de un marco simbólico que amplifica su

legibilidad cognitiva y su resonancia emocional, contribuyendo así a un aprendizaje significativo y sostenido. Además, este enfoque refuerza la dimensión interdisciplinar de la enseñanza biomédica, integrando elementos de cultura, narrativa y ciencia, lo cual podría servir como modelo replicable en otras áreas del conocimiento.

La incorporación de material audiovisual complementó la mediación narrativa, permitiendo a los estudiantes visualizar de manera clara y secuencial el flujo de interacción entre los patógenos y la RI. Esta representación gráfica reforzó la asociación entre la terminología científica y las metáforas concretas y memorables utilizadas en la actividad (Stranford et al., 2020; Cervantes y Hong, 2021), facilitando la comprensión de procesos complejos. En conjunto, la combinación de recursos audiovisuales y referentes culturales promovió un aprendizaje dinámico, participativo y significativo, contribuyendo no solo a la adquisición de conocimientos, sino también al desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de relacionar conceptos teóricos con escenarios prácticos y visuales (Harris et al., 2022). Esta sinergia entre lo narrativo, lo visual y lo simbólico constituye una vía de aprendizaje multimodal que fortalece la alfabetización científica y la motivación intrínseca, aspectos esenciales en la formación de futuros profesionales sanitarios.

El impacto motivacional y cognitivo de este tipo de estrategias resulta coherente con los hallazgos de Asri et al. (2024), quienes sostienen que las metodologías no tradicionales, como la gamificación o el aprendizaje situado, fortalecen la implicación emocional del estudiante y su capacidad de transferencia del conocimiento. En este sentido, los resultados del presente trabajo, que muestran una mejora tanto en el rendimiento académico como en la satisfacción estudiantil, confirman que los referentes culturales y los recursos audiovisuales no solo estimulan la curiosidad, sino que actúan como mediadores emocionales y cognitivos entre el conocimiento científico y la experiencia personal del alumnado. La experiencia también evidencia el potencial de este tipo de estrategias para fomentar el aprendizaje colaborativo y la creación de comunidades de práctica dentro del aula, al generar un lenguaje simbólico común que promueve la participación y la discusión entre pares.

En conclusión, estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que la integración de narrativas culturales y recursos audiovisuales en la enseñanza de las ciencias biomédicas constituye una estrategia pedagógica innovadora, replicable y efectiva, capaz de equilibrar la rigurosidad conceptual con la motivación y el disfrute. Por tanto, este estudio no solo aporta evidencia empírica sobre la eficacia de las narrativas de fantasía en la docencia universitaria, sino que también abre nuevas líneas de trabajo orientadas a explorar su impacto en la retención a largo plazo, la transferencia del conocimiento y el desarrollo de competencias transversales en educación sanitaria. Asimismo, el enfoque propuesto presenta un alto potencial de extrapolación a otras disciplinas científicas afines, como la Parasitología, la Fisiología, la Microbiología o la

Farmacología, donde los procesos abstractos y multifactoriales podrían beneficiarse de estrategias narrativas y simbólicas que faciliten su comprensión. Los resultados obtenidos respaldan la idea de que el aprendizaje significativo surge cuando los contenidos científicos se presentan dentro de marcos simbólicos familiares y emocionalmente resonantes, donde la ficción y la visualización se convierten en aliados de la ciencia y la educación se transforma en una experiencia cognitiva y cultural compartida.

REFERENCIAS

- Asri, R., Baquerizo, H., Padilla-Register, M., Soto-Greene, M., y Grachan, J. J. (2024). Teaching Teen Titans: An anatomy curriculum using superheroes for middle- and high school students in health professions outreach programs. *Anatomical Sciences Education*, 17, 1756–1763. doi: 10.1002/ase.2531
- Bai, S., Hew, K.F., Gonda, D.E., Huang, B., y Liang, X. (2022). Incorporating fantasy into gamification promotes student learning and quality of online interaction. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, 29. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00335-9>
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. doi: 10.1080/00098650903505415
- Bhuvaneshwaran, B., Geetharani, A., y Selvakumar, C. (2021). Effect of innovative large group teaching methods on students' learning compared to traditional lectures. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, 10(7). <https://www.ijmrhs.com/medical-research/effect-of-innovative-large-group-teaching-methods-on-students-learning-compared-to-traditional-lectures-73770.html>
- Bryant, V. (2021). Harry Potter and the osteopathic medical school: Creating a Harry Potter-themed day as a high-yield review for final exams. *Medical Science Educator*, 31(2), 819–825. DOI: 10.1007/s40670-021-01204-2
- Campbell-Staton, S. y Darby, A. (Hosts). (2017–2020). *The biology of superheroes podcast [Podcast]*. Apple Podcasts. <https://podcasts.apple.com/us/podcast/the-biology-of-superheroes-podcast/id1314139416>
- Cervantes, J. y Hong, B. (2021). The impact of experiential learning in host-pathogen research on medical students' interests and attitudes towards microbiology and immunology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 22(1), 10.1128/jmbe.00101-21. DOI: 10.1128/jmbe.00101-21
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., y Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. DOI: 10.1073/pnas.1319030111
- Grachan, J. J., Marek, M., Cray, J. Jr., y Quinn, M. M. (2023). Effects of using superheroes in an undergraduate human anatomy curriculum. *Anatomical Sciences Education*, 16, 1079–1088. DOI: 10.1002/ase.2312

Harris, F. R., Sikes, M. L., Bergman, M., Goller, C. C., Hasley, A. O., Sjogren, C. A., Ramírez, M. V., y Gordy, C. L. (2022). Hands-on immunology: Engaging learners of all ages through tactile teaching tools. *Frontiers in Microbiology*, 13, 966282. doi: 10.3389/fmicb.2022.966282

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2ª ed.). Cambridge University Press.

Safapour, E., Kermanshachi, S., y Taneja, P. (2019). A review of nontraditional teaching methods: Flipped classroom, gamification, case study, self-learning, and social media. *Education Sciences*, 9(4), 273. doi: 10.3390/educsci9040273

Serrano, A. y Biedermann, A. (2015). Roles and groups dynamic as a systematic approach to improve collaborative learning in classroom. *Creative Education*, 6, 2105–2116. doi: 10.4236/ce.2015.619214

Stranford, S. A., Owen, J. A., Mercer, F., y Pollock, R. R. (2020). Active learning and technology approaches for teaching immunology to undergraduate students. *Frontiers in Public Health*, 8, 114. doi: 10.3389/fpubh.2020.00114

Willis, T. y Bryant, V. (2022). Harry Potter and the osteopathic medical school part 2: Creating a virtual Harry Potter-themed day as a high-yield review for final examinations. *Medical Science Educator*, 32(1), 39–42. doi: 10.1007/s40670-022-01501-4

Zehr, E. P. (2014). Avengers assemble! Using pop-culture icons to communicate science. *Advances in Physiology Education*, 38(2), 118–123. doi: 10.1152/advan.00146.2013

CAPÍTULO 31

IMPLEMENTACIÓN DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL AULA DE INGENIERÍA QUÍMICA

SERGIO NAVARRO SÁNCHEZ*, PABLO FERNÁNDEZ MOLINA**,
VANESA LAX VIVANCOS*, MARÍA DEL CARMEN AGÜERA BOLEA*,
FELIPE JESÚS PORTILLO CASTAÑO*, LEONOR ALBEROLA AMORES*,
Y ELOINA VALERO MERLOS*

**Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM);*

***Grado de Enfermería (UCAM)*

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha llegado para ser una poderosa herramienta transformadora en una amplia gama de sectores industriales y académicos; dentro de la ingeniería química, los desarrollos en el aprendizaje automático, los modelos predictivos y la simulación de datos pueden proporcionar las capacidades de optimización de procesos, predicción de propiedades físico-químicas y aceleración de los procesos de prototipado y dimensionado de operaciones (Lavor et al., 2024). A pesar de esto, el uso de estas herramientas en la educación universitaria aún está por implementar de una manera educativa y eficiente (León, 2025). Aunque cada vez se promueve entre las herramientas didácticas el uso de herramientas relacionadas con la programación y el modelado de datos, todavía se imparten contenidos de la misma manera que en las últimas décadas, enfocándose en las clases magistrales, la ejecución de problemas en programas como Mathcad y en cálculos puramente analíticos. Como resultado, los muchos egresados se gradúan con una comprensión fundamental y razonablemente sólida de teoría y conceptos, pero con poca capacidad para aplicar estos conocimientos a situaciones del mundo real y con las herramientas emergentes (Holmes et al., 2019).

En la asignatura de Fundamentos de Ingeniería Química habitualmente se introducen conceptos esenciales —balance de materia y energía, propiedades termodinámicas, transporte de masa y energía, y cinética— que combinan razonamiento físico-matemático con interpretación conceptual. Estos temas, por su propia naturaleza, son a la vez abstractos y demandantes en términos de manejo algebraico y numérico. La IA ofrece dos aportes pedagógicos importantes en este contexto. En primer lugar, puede servir como herramienta para visualizar y explorar comportamientos complejos (por ejemplo, curvas de equilibrio o respuesta de sistemas dinámicos) de forma interactiva (Luckin y Holmes, 2016). En segundo lugar, posibilita la creación de tareas de aprendizaje activo en las que los estudiantes

construyen, entrenan y validan modelos a partir de datos reales o sintéticos, fortaleciendo competencias analíticas y digitales (Castro et al., 2025).

La investigación en educación e ingeniería está prestando cada vez más atención a cómo integrar la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático en los planes de estudio. Los estudios recientes señalan beneficios como adaptar el aprendizaje a cada estudiante, automatizar parte de la retroalimentación del profesorado y ofrecer más actividades prácticas con datos reales. Sin embargo, también destacan desafíos importantes: cuestiones éticas, la necesidad de formar bien al profesorado y disponer de una infraestructura tecnológica adecuada. Por eso, se insiste en contar con enfoques pedagógicos claros que orienten el uso de estas tecnologías en el aula (Luckin y Holmes, 2016).

En ingeniería química ya se han puesto en marcha diferentes iniciativas que introducen herramientas como Python y sus principales bibliotecas científicas (NumPy, Pandas, SciPy), así como librerías de aprendizaje automático (scikit-learn, TensorFlow, Keras). Cuando se aplican en asignaturas básicas, el alumnado puede trabajar con problemas más reales y entender mejor la relación entre lo que estudia y lo que se hace en la industria. Las experiencias docentes muestran que las actividades prácticas de machine learning ayudan a desarrollar habilidades en análisis de datos, modelado de propiedades y simulación de procesos (León, 2025). Además, plataformas como Google Colab facilitan el acceso a estas herramientas sin necesidad de grandes recursos informáticos.

En base a esto, el objetivo principal de este proyecto fue integrar herramientas de Inteligencia Artificial en la asignatura Fundamentos de Ingeniería Química con dos metas concretas: 1) permitir que los estudiantes realicen simulaciones y predicciones de propiedades y comportamientos de procesos químicos usando técnicas de machine learning; y 2) mejorar su comprensión conceptual y habilidades analíticas mediante actividades prácticas y comparativas entre enfoques de IA y cálculos teóricos tradicionales.

Los objetivos específicos fueron:

- Diseñar actividades didácticas y laboratorios virtuales basados en datasets experimentales y modelos numéricos que los estudiantes puedan manipular en Google Colab.
- Enseñar conceptos básicos de machine learning (preprocesado de datos, regresión, validación, redes neuronales simples) aplicados a problemas químicos concretos (p. ej., predicción de constantes de equilibrio, entalpías, tasas de reacción).
- Evaluar el impacto en el aprendizaje mediante pruebas prácticas pre-/post-intervención, encuestas de percepción y observación del desempeño en resolución de problemas.

- Identificar barreras y buenas prácticas para la implementación escalable en otros cursos del plan de estudios.

MÉTODO

Diseño didáctico y recursos

La intervención se llevó a cabo a lo largo de un cuatrimestre en la asignatura Fundamentos de Ingeniería Química. Se utilizó un enfoque mixto de evaluación: por un lado, métodos cuantitativos como pruebas y análisis del rendimiento de los modelos; y por otro, métodos cualitativos como encuestas al alumnado, observaciones en el aula y registro de actividades.

Para garantizar que todas las herramientas fueran fáciles de usar y accesibles, se eligió Python como lenguaje principal, junto con algunas de sus bibliotecas más comunes en machine learning: scikit-learn para algoritmos clásicos y TensorFlow/Keras para redes neuronales sencillas. Además, se trabajó en Google Colab, lo cual permitió al estudiantado programar sin necesidad de instalar software en sus ordenadores.

Cuando fue necesario, también se incorporaron bibliotecas específicas de ingeniería química, como Cantera o CoolProp, especialmente en actividades relacionadas con el transporte de materia o la termodinámica. La selección de estas herramientas está en línea con recomendaciones actuales sobre la importancia de Python y la IA en la formación moderna de ingenieros.

Actividades y unidades didácticas

Se organizaron varias unidades prácticas dentro de la asignatura para introducir progresivamente el uso de la Inteligencia Artificial en problemas de ingeniería química:

Introducción a Python y al tratamiento de datos (2 sesiones)

- Objetivo: que el alumnado se familiarice con Google Colab y aprenda a manejar arrays (NumPy), tablas de datos (Pandas) y gráficos básicos (matplotlib).
- Actividad: limpiar y representar un conjunto de datos con propiedades de sustancias (por ejemplo, densidad según temperatura o presión), y comparar métodos sencillos de interpolación y ajuste polinómico.

Regresión supervisada aplicada a propiedades termodinámicas (3 sesiones)

- Objetivo: entrenar modelos de regresión —lineal, polinómica, SVR o Random Forest— para predecir propiedades como entalpía o entropía a partir de variables operativas.

- Actividad: dividir los datos en entrenamiento y validación, evaluar modelos con métricas como MAE o RMSE, analizar sesgo y varianza, y comparar los resultados con ecuaciones termodinámicas tradicionales.

Modelado cinético y predicción de constantes de velocidad (3 sesiones)

- Objetivo: usar modelos de regresión y redes neuronales sencillas para estimar parámetros cinéticos a partir de datos experimentales.

- Actividad: entrenar modelos con scikit-learn y TensorFlow, analizar la incertidumbre y comprobar la capacidad de predicción con datos no utilizados en el entrenamiento.

Simulación de mezclas y comportamiento no ideal (2 sesiones)

- Objetivo: predecir propiedades coligativas o actividad en mezclas mediante machine learning, complementando los resultados con cálculos basados en modelos como Wilson o UNIFAC.

- Actividad: comparar cuantitativamente los resultados de ML con los modelos teóricos y reflexionar sobre el rango de validez y el riesgo de extrapolar.

Proyecto integrador — Evaluación final

- Objetivo: que los equipos diseñen un pequeño proyecto aplicando análisis de datos, entrenamiento y validación de modelos, junto con una discusión razonada de sus conclusiones.

- Producto final: informe técnico y un notebook de Google Colab con el código completamente reproducible.

Figura 1. Esquema de las actividades propuestas

1. Introducción a Python y al tratamiento de datos (2 sesiones)

- **Objetivo:** familiarización con Google Collab y aprendizaje del manejo de los programas seleccionados.
- **Actividad:** limpiar y representar un conjunto de datos con propiedades de sustancias y comparar métodos sencillos de interpolación y ajuste polinómico.

2. Regresión supervisada aplicada a propiedades termodinámicas (3 sesiones)

- **Objetivo:** entrenar modelos de regresión para predecir propiedades como entalpía o entropía a partir de variables operativas.
- **Actividad:** dividir los datos en entrenamiento y validación, evaluar modelos con métricas como MAE o RMSE, analizar sesgo y varianza, y comparar los resultados con ecuaciones termodinámicas tradicionales.

3. Modelado cinético y predicción de constantes de velocidad (3 sesiones)

- **Objetivo:** usar modelos de regresión y redes neuronales sencillas para estimar parámetros cinéticos a partir de datos experimentales.
- **Actividad:** entrenar modelos con scikit-learn y TensorFlow, analizar la incertidumbre y comprobar la capacidad de predicción con datos no utilizados en el entrenamiento tradicionales.

4. Simulación de mezclas y comportamiento no ideal (2 sesiones)

- **Objetivo:** predecir propiedades coligativas o actividad en mezclas mediante machine learning, complementando los resultados con cálculos basados en modelos como Wilson o UNIFAC.
- **Actividad:** comparar cuantitativamente los resultados de ML con los modelos teóricos y reflexionar sobre el rango de validez y el riesgo de extrapolar.

Evaluación

Para conocer el impacto de la intervención, se aplicó una evaluación con varios enfoques:

- Pruebas prácticas antes y después de las actividades, en las que el alumnado resolvía problemas numéricamente y mediante modelos de machine learning. Esto permitió medir su progreso en comprensión conceptual y en el uso de herramientas técnicas.

- Métricas de rendimiento de los modelos utilizados por los estudiantes (como RMSE, R^2 o curvas de aprendizaje), con el fin de analizar la calidad y mejora de los algoritmos aplicados.

- Encuestas de percepción, centradas en la motivación, la utilidad percibida y el grado de preparación para la realidad industrial que aporta la IA.

- Observación cualitativa en el aula, registrando la manera en que el alumnado interactuaba con los recursos y las dificultades más comunes durante las sesiones.

Gracias a este enfoque mixto, fue posible evaluar no solo los resultados académicos, sino también las actitudes y la experiencia del estudiantado frente a la incorporación de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje.

RESULTADOS

Mejoras cuantitativas en el desempeño y en la calidad de las simulaciones

Las comparaciones realizadas antes y después de la intervención mostraron avances notables en las tareas prácticas del alumnado y en la precisión de sus simulaciones. En promedio, la exactitud de las predicciones mejoró alrededor de un 25% —evaluada mediante la reducción relativa del RMSE— cuando se utilizaron modelos de machine learning bien entrenados frente a cálculos manuales o ajustes polinómicos básicos. Esta mejora fue especialmente evidente en problemas con datos experimentales ruidosos o con relaciones fuertemente no lineales. Estos resultados coinciden con estudios previos que reflejan el valor del machine learning en la resolución de problemas ingenieriles complejos.

Percepción estudiantil y motivación

Las encuestas mostraron una respuesta muy positiva por parte del estudiantado: cerca del 80% valoró favorablemente la incorporación de IA y herramientas computacionales en la asignatura. Entre los principales beneficios destacados se encuentran una mejor visualización de los fenómenos, un mayor interés por la materia y la percepción de estar adquiriendo competencias demandadas en la industria. Además, aproximadamente el 70% afirmó sentirse más preparado para aplicar estas tecnologías en entornos industriales o de investigación. Estos resultados refuerzan el impacto motivador y formativo de las actividades prácticas con Python y machine learning en ingeniería.

Desarrollo de habilidades digitales y analíticas

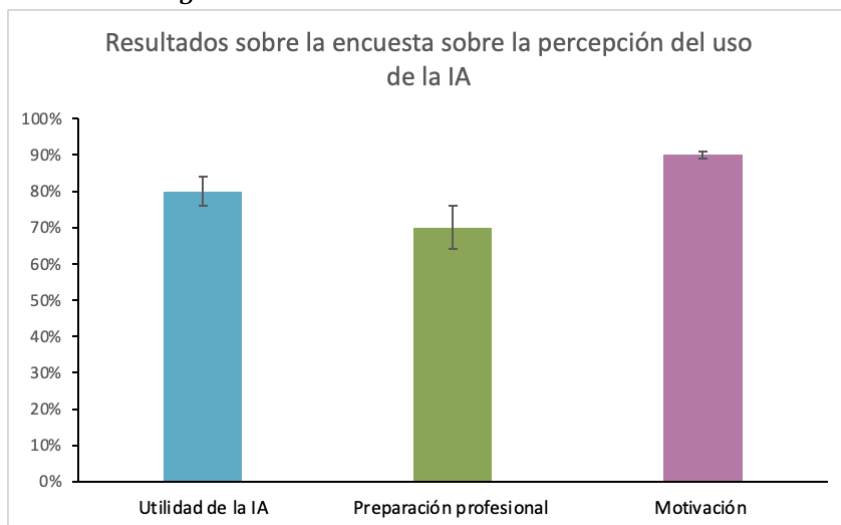
La intervención favoreció también la adquisición de competencias transversales, como la gestión y el análisis de datos, la interpretación crítica de modelos, la estimación de incertidumbres y la comunicación técnica a través de informes y notebooks reproducibles. Varios equipos llegaron a aplicar buenas prácticas propias de la ingeniería de datos —como una mejor organización del código, control de versiones de los datasets y separación adecuada entre entrenamiento y validación— lo que demuestra una temprana sensibilización hacia la reproducibilidad en ciencia de datos.

Retos observados

Pese a los resultados positivos, se identificaron algunos desafíos: diferencias iniciales de nivel en programación entre estudiantes, necesidad de una mayor dedicación docente para la atención individualizada y cierta tendencia a “sobreajustar” modelos sin suficiente reflexión física sobre el problema. También

aparecieron dudas sobre la extrapolación de modelos fuera del rango de datos y sobre la interpretación física de los parámetros aprendidos por redes neuronales.

Figura 2. Gráfica con los resultados obtenidos



DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

Interpretación pedagógica de los resultados

La experiencia evidencia que la integración de Inteligencia Artificial en Fundamentos de Ingeniería Química favorece un aprendizaje más activo y contribuye a la comprensión de conceptos complejos mediante aproximaciones empíricas y visuales (León, 2025; Lavor et al., 2024). Asimismo, fortalece competencias digitales y profesionales alineadas con las demandas actuales de la industria.

La mejora observada en la precisión de las simulaciones (aprox. un 25% en la reducción del RMSE) indica que, con un uso adecuado, los métodos de machine learning pueden complementar —e incluso superar— los cálculos manuales o lineales en escenarios con alta no linealidad o ruido experimental (Lavor et al., 2024).

No obstante, se destaca que el objetivo formativo no debe centrarse en sustituir la comprensión físico-química por modelos opacos, sino en emplear la IA como herramienta para comparar, validar y analizar la coherencia entre modelos teóricos y datos experimentales (Luckin y Holmes, 2016). Esta orientación coincide con la literatura reciente, que posiciona la IA como potenciador del aprendizaje conceptual (Wang et al., 2024; Castro et al., 2025).

A partir de la experiencia desarrollada, pueden proponerse las siguientes recomendaciones para la integración de técnicas de inteligencia artificial en asignaturas de ingeniería:

Considerar la IA como apoyo conceptual

Las predicciones generadas mediante modelos de aprendizaje automático deben cotejarse sistemáticamente con los modelos teóricos clásicos. Las discrepancias entre ambos enfoques han de emplearse como oportunidad para profundizar en el razonamiento físico y favorecer la comprensión de los fenómenos estudiados.

Priorizar entornos accesibles

El uso de plataformas basadas en la nube, como Google Colab, facilita el acceso sin necesidad de instalación de software adicional. Asimismo, la disposición de notebooks plantilla contribuye a reducir la carga técnica y permite centrar el esfuerzo en los objetivos de aprendizaje.

Aplicar un aprendizaje progresivo (scaffolding)

La introducción de la analítica basada en IA ha de realizarse de manera gradual: comenzando con actividades de baja complejidad (visualización de datos, regresión lineal) y avanzando de forma escalonada hacia arquitecturas más sofisticadas, como redes neuronales y el ajuste de hiperparámetros.

Fomentar la reproducibilidad

Se considera recomendable la entrega de notebooks debidamente documentados, con procedimientos y resultados replicables. Este requisito contribuye a desarrollar competencias de alfabetización digital y buenas prácticas de ingeniería.

Garantizar la formación docente

Para asegurar una adopción eficaz y sostenible, se requiere ofrecer capacitación específica, así como recursos y guías metodológicas que apoyen al profesorado en la implementación y mejora continua de las actividades.

Emplear una evaluación múltiple

Se propone combinar indicadores cuantitativos derivados del rendimiento de los modelos (p. ej., RMSE, R^2) con el análisis del razonamiento físico y de la interpretación de los resultados por parte del alumnado, con el fin de obtener una visión integral del aprendizaje.

Durante la intervención se identificaron varias limitaciones y riesgos que conviene considerar. En primer lugar, se detectó una brecha inicial en habilidades de programación, lo que requiere proporcionar recursos de apoyo y, en algunos casos, sesiones preparatorias adicionales. Asimismo, existe el riesgo de interpretación acrítica de los resultados, especialmente al utilizar modelos complejos, por lo que es

fundamental reforzar la comprensión física y el análisis crítico de los fenómenos. La disponibilidad limitada de datos experimentales reales también representa un desafío, que puede mitigarse mediante el uso de datos sintéticos, aunque esto reduce el realismo de las prácticas (Lavor et al., 2024). Por último, se observó la necesidad de abordar aspectos éticos y posibles sesgos, con el fin de garantizar un uso responsable y fundamentado de los modelos computacionales.

Como conclusión, se puede exponer que la integración de técnicas de inteligencia artificial en la asignatura Fundamentos de Ingeniería Química demuestra ser una estrategia pedagógica eficaz y enriquecedora. Los resultados cuantitativos evidencian mejoras en la precisión de simulaciones y en la resolución de problemas, mientras que la percepción del alumnado refleja un aumento de motivación, interés y competencias digitales aplicables a la industria (Wang et al., 2024). La experiencia confirma que la IA puede actuar como complemento conceptual, facilitando la comprensión de fenómenos complejos y promoviendo un aprendizaje activo y experimental (León, 2025). No obstante, su implementación requiere atención a limitaciones como la brecha en habilidades de programación, la interpretación crítica de modelos, la disponibilidad de datos y la formación en aspectos éticos. Siguiendo buenas prácticas, entornos accesibles y un enfoque progresivo de aprendizaje, la integración de IA puede consolidarse como un componente sostenible del currículo, potenciando tanto la formación técnica como las competencias transversales de los futuros ingenieros químicos.

REFERENCIAS

- Castro, L., Muñoz, J.Á., González, F., Gómez, J.M., Conte, N., Ma, Y., y Bermejo, L. (2025). *Elaboración de una guía de uso de la inteligencia artificial para docentes y estudiantes en asignaturas del Departamento de Ingeniería Química y de Materiales*.
- Holmes, W., Bialik, M., y Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promise and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Lavor, V., de Come, F., Teles, M., y Vianna Jr, A. (2024). Machine learning in chemical engineering: Hands-on activities. *Education for Chemical Engineers*, 46(5), 10–21.
- León, C.J. (2025). Integración de la inteligencia artificial en la enseñanza de procesos químicos. *Tesla Revista Científica*, 5(2).
- Luckin, R., y Holmes, W. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*.
- Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., y Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 252, 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>

CAPÍTULO 32

LA INTERNACIONALIZACIÓN CURRICULAR EN LA INGENIERÍA ESPAÑOLA: UN ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE LA DOCENCIA EN INGLÉS EN MÁSTERES UNIVERSITARIOS

MARÍA DE LOS ÁNGELES HERRERA GARRIDO*, SARA JIMÉNEZ ALFARO*,
MARÍA TERESA ARANDA ROMERO*, Y JUAN ANTONIO CABRERA GONZÁLEZ**
**Universidad de Sevilla; **Doctor en Ingeniería Mecánica*

INTRODUCCIÓN

Situación actual del estado de la cuestión (Estado del Arte)

La internacionalización de la educación superior se ha consolidado como un imperativo estratégico para las universidades en el siglo XXI. En un contexto global de alta competitividad y movilidad, la capacidad de atraer talento internacional y generar redes de colaboración académicas se ha vuelto fundamental para el prestigio y la financiación universitaria. El motor principal de esta internacionalización es, en gran medida, la implementación del inglés como lengua principal en la docencia. Este concepto se denomina en inglés como EMI – English Medium Instruction y se refiere a un sistema educacional en el que se enseña en inglés aunque el idioma oficial sea otro diferente (Macaro et al., 2018).

En el ámbito de la ingeniería, la docencia en inglés adquiere una relevancia crítica debido a la creciente globalización de esta disciplina. Los proyectos de ingeniería en la actualidad suelen estar descentralizados en diferentes países, y el desarrollo de nuevos sistemas o tecnologías a menudo involucra equipos conformados por profesionales de diversas nacionalidades. En este contexto, el inglés se ha consolidado como el principal vehículo de comunicación técnica.

Los profesionales del mercado laboral STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) requieren no solo competencias técnicas avanzadas, sino también habilidades comunicativas y fluidez profesional en inglés. Esta combinación de capacidades permite que los ingenieros participen de manera efectiva en redes internacionales, colaboren en proyectos de investigación y desarrollo, y accedan a literatura científica y tecnológica de vanguardia, gran parte de la cual se encuentra publicada en inglés. Además, la movilidad académica y profesional, entendida como la posibilidad de realizar estancias en otros países durante la formación y/o de obtener titulaciones en diferentes países, potencia significativamente las oportunidades laborales de los ingenieros, fomentando la adquisición de competencias interculturales y la exposición a diferentes metodologías de trabajo.

Para que esta movilidad y formación internacional sean efectivas, resulta indispensable una oferta formativa amplia en inglés que permita a los estudiantes acceder a la educación sin comprometer la calidad de la enseñanza. Por esta razón, la existencia de programas en ingeniería impartidos en inglés constituye un indicador clave de innovación docente y de adaptación curricular al entorno global. No solo refleja la capacidad de las universidades para responder a las demandas del mercado laboral internacional, sino también su compromiso con la formación de profesionales capaces de competir y colaborar en contextos tecnológicos y científicos globalizados.

Diversos estudios han analizado los desafíos del EMI, que van desde el apoyo al profesorado para adquirir las competencias lingüísticas necesarias hasta la garantía de la calidad didáctica cuando la lengua de instrucción no es la materna (Macaro, 2018). En el ámbito de la ingeniería se ha estudiado la influencia positiva del EMI en las competencias en lengua inglesa de los estudiantes españoles (Sánchez-Pérez, 2023).

La situación en España muestra un crecimiento en la oferta de másteres desde 2010 (Fernández-Costales y Herrarte, 2024), pero con una evolución heterogénea en términos

de internacionalización. A pesar de los esfuerzos institucionales, la proporción de másteres ofrecidos íntegramente en inglés puede variar significativamente entre las comunidades autónomas. Además, recientes estudios muestran que la comunidad universitaria necesita más medidas institucionales para la implementación del EMI (Oria Alonso y Pérez Fernández, 2025).

Este estudio busca llenar un vacío en la literatura empírica al ofrecer una comparación sistemática y reciente de la oferta española de EMI frente a países europeos con estrategias consolidadas, como Francia, Portugal e Italia. En particular, este estudio se centra en el área de ingeniería, y en docencia nivel máster, ya que en esta última donde el EMI ha aumentado exponencialmente en los últimos años en Europa (Wingrove et al., 2025).

MÉTODO

En este capítulo se presentan dos unidades de análisis. Por un lado, los programas académicos de máster en el área de ingeniería en España. Se han escogido aquellas universidades que ofertan más de 10 titulaciones en el curso académico 2024-2025. Esto recoge un total de 28 universidades españolas. Cabe destacar que la información se obtuvo de las páginas web oficiales de las universidades. Cuando el idioma de impartición no se especifica, se asume que corresponde al idioma oficial del país o región, y no al inglés.

Por otro lado, los programas académicos de máster en el área de ingeniería de las principales universidades de Francia, Portugal e Italia. La selección de estos países se

justifica por su pertenencia a la zona euro y sus estrategias de internacionalización comparables. Además, son los cuatro países de la Unión Europea con los que más programas de internacionalización tiene España, por sus similitudes lingüísticas y culturales.

Objetivos

A través de esta metodología, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Objetivo General (OG): Analizar y comparar la oferta actual de másteres de ingeniería en España con el inglés como lengua vehicular frente a países de referencia europeos, e identificar las oportunidades de mejora estratégica para la internacionalización de la ingeniería.

- Objetivos Específicos (OE):

1. Cuantificar y categorizar la oferta actual de másteres de ingeniería en inglés en universidades españolas, identificando su distribución geográfica.

2. Determinar el porcentaje y la naturaleza de la oferta de másteres de ingeniería en inglés en España en comparación con la existente en Francia, Portugal e Italia.

3. Formular recomendaciones estratégicas, basadas en la evidencia empírica, para aumentar la visibilidad y competitividad internacional de la ingeniería universitaria española.

RESULTADOS

Cuantificación y Distribución de la Oferta de EMI en Ingeniería en España

La Tabla 1 muestra la proporción de másteres en ingeniería impartidos en inglés (MI) respecto al total de másteres (MT) en el área. La universidad española con mayor oferta en inglés en ingeniería es la Universidad Rovira i Virgili, con un 56% (13 de 23 programas de máster se ofrecen en inglés según la página web oficial). Existen 6 universidades españolas que ofrecen 10 o más programas de máster con un 0% de docencia completa en inglés, como son: Universidad de Salamanca, Universidad de La Laguna, Universidad Miguel Hernández, Universidad de Extremadura, Universidad Santiago de Compostela y Universidad Alfonso X El Sabio.

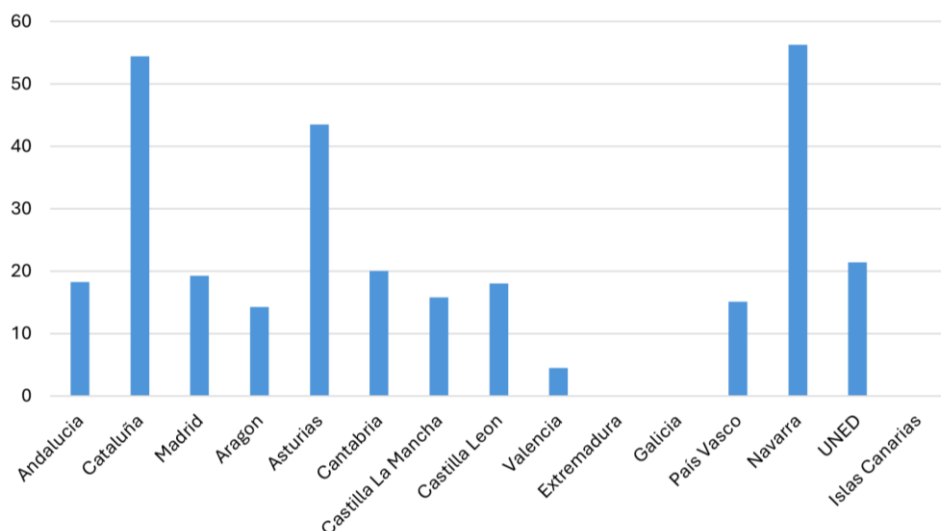
Tabla 1. Universidades españolas seleccionadas en el estudio y número de máster ofertados en inglés con respecto a los totales. MI másteres en inglés y MT másteres totales ofertados

Universidad	MI / MT	Universidad	MI/MT
Universidad de Sevilla	9/42	Universidad de la Laguna	0/10
Universidad de Granada	1/24	Universidad de Cantabria	3/15
Universidad de Málaga	5/22	Universidad de Alicante	1/17
Universidad de Jaén	4/16	Universidad de Salamanca	0/10
Universidad de Zaragoza	3/21	Universidad de Valladolid	3/28
Universidad de Oviedo	10/23	Universidad de León	6/12
Universidad del País Vasco	8/53	Universidad de Extremadura	0/10
Universidad de Lleida	7/13	Universidad Rovira i Virgili	13/23
Universidad Politécnica de Valencia	4/80	Universidad de Castilla La Mancha	3/19
Universidad Miguel Hernández de Elche	0/15	Universidad Politécnica de Cataluña	48/89
Universidad de Santiago de Compostela	0/15	Universidad Alfonso X El Sabio	0/10
Universidad Carlos III	16/43	UNED	3/14
Universidad Europea de Madrid	3/42	Universidad de Navarra	9/16
Universidad Politécnica de Madrid	2/14	Universidad del País Vasco	8/53

En la Gráfica 1 se muestran los porcentajes de programas académicos ofertados en inglés según las diferentes comunidades autónomas de España que tienen más de 10 programas ofertados. Navarra y Cataluña son las comunidades con mayor oferta en inglés (más del 50%), seguida de Asturias con más del 40%. El resto de las comunidades tienen una oferta muy limitada, de menos del 20%, incluso 0% en el caso de Galicia o las Islas Canarias.

Cabe destacar una práctica común en un gran número de universidades españolas, y es el modelo híbrido (algunas asignaturas del máster son ofertadas en inglés y otras en castellano). Algunos de las titulaciones que hemos incluido en la Gráfica 1 pertenecen a este formato híbrido, siempre que el porcentaje de docencia suponga uno suficiente para al menos realizar un año de movilidad en dicha universidad cursando dicha titulación (>40%). Por ejemplo, en la Universidad de La Laguna el Máster Universitario en Ingeniería Industrial se imparte en castellano, con sólo 6 ECTS en inglés. Por ello se ha descartado y considerado un máster en castellano. Esto ha podido analizarse en algunos casos, en otros este porcentaje no está claro y por lo tanto se ha considerado que el máster es en castellano, aun teniendo asignaturas en inglés.

Gráfica 1. Porcentaje de másteres ofertados en inglés $((MI / MT) \cdot 100)$ en España



Una amplia oferta de la docencia nivel máster en inglés son los programas Erasmus Mundus, un programa de posgrado internacional, promovido por la Unión Europea dentro del marco del programa Erasmus+. Cada máster Erasmus Mundus lo imparte un consorcio formado por al menos tres universidades de tres países diferentes. Todas estas titulaciones en España son ofertadas en inglés, según nuestro estudio.

Las tres universidades españolas con mayor oferta en ingeniería en inglés son: Universitat Rovira i Virgili, Universidad Politécnica de Catalunya y Universidad de Lleida. Son estas las que se utilizan en la sección 3.2 para comparar con Francia, Portugal e Italia.

Comparación Internacional (España vs. Francia, Portugal, Italia)

El análisis comparativo se centró en universidades de alta relevancia de los países de referencia: Sorbona (Francia), Politécnico de Milán (Italia) y Universidad de Oporto (Portugal). Los resultados se presentan en la Tabla 2, basados en la proporción de másteres de ingeniería ofertados completamente en inglés sobre el total de másteres.

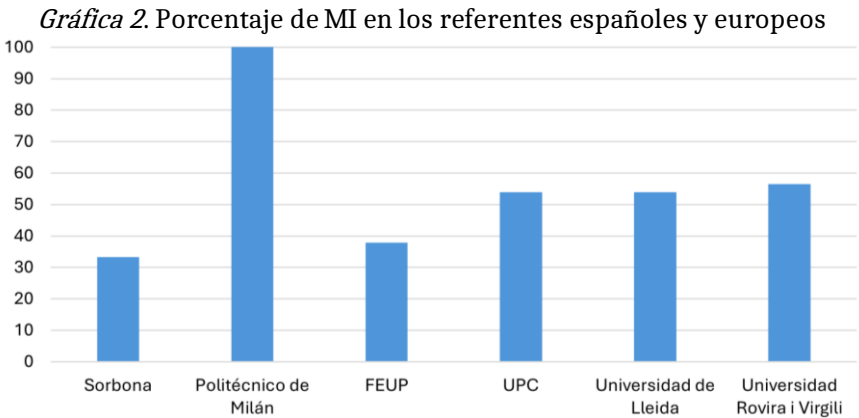
Tabla 2. Universidades europeas seleccionadas en el estudio y número de máster ofertados en inglés con respecto a los totales

Universidad de Referencia	País	Másteres Totales	Másteres en Inglés	% de Oferta en Inglés
Sorbona	Francia	27	9	33,3%
Universidad de Milán	Italia	45	45	100%
Universidad de Oporto	Portugal	29	29	100%
Media de Referencia Europea			69,31%	

En contraste con la media de referencia europea (69,31%), la oferta general de la muestra española analizada se sitúa en un porcentaje significativamente inferior (aproximadamente el 23,13% de los 696 másteres analizados).

Sin embargo, al comparar la media europea con las tres universidades españolas con mayor oferta en inglés (Universitat Rovira i Virgili: 56%; Universidad Politécnica de Catalunya: 53,9%; y Universidad de Lleida: 53,8%), se observa que estas instituciones españolas se acercan individualmente a la media de los referentes europeos.

En la Gráfica 2 se muestra un gráfico comparativo con el porcentaje de másteres ofertados en inglés (MI) indicados en la Tabla 2 y los referentes españoles seleccionados de la Tabla 1. Aunque no llegan al nivel del Politécnico de Milán, este análisis indica que, si bien la media nacional necesita un aumento sustancial para alcanzar los referentes, existen polos de excelencia dentro del sistema universitario español que sí están altamente internacionalizados y que incluso superan la media de los referentes europeos.



Políticas y Estrategias Institucionales (Respuesta a OE3)

El análisis cualitativo de las políticas institucionales revela diferencias sustanciales en el enfoque estratégico de la internacionalización de la docencia en ingeniería entre España y los países europeos de referencia. Si bien las universidades españolas muestran avances notables en la oferta de programas en inglés, su grado de institucionalización de la política EMI es todavía limitado en el 90% de las universidades españolas indicadas en la Tabla 1.

Políticas de Internacionalización en España

En la mayoría de las universidades públicas españolas, la internacionalización curricular se aborda de manera descentralizada, delegando parte de la implementación en cada escuela o facultad. Sin embargo, un número creciente de instituciones —entre ellas Sevilla, Granada, Málaga, Zaragoza, la Politécnica de Madrid, la Politécnica de Valencia, Oviedo, Rovira i Virgili o UPC— han desarrollado programas institucionales de formación en inglés para el profesorado, incluyendo cursos EMI, certificaciones, incentivos económicos o reconocimiento académico por impartir docencia en inglés (2018–2025). Estas iniciativas reflejan un avance significativo hacia la consolidación del modelo EMI, aunque la participación en programas Erasmus Mundus o dobles titulaciones sigue siendo la vía principal de internacionalización en España (De Wit, 2020; Macaro et al., 2018; Wächter y Maiworm, 2014; Fernández-Costales, 2019).

Políticas de Referencia en Francia, Italia y Portugal

En contraste, las universidades europeas de referencia presentan una mayor coherencia institucional en la adopción del EMI.

- Sorbona (Francia): mantiene un modelo de internacionalización selectivo, orientado a la excelencia investigadora y la cooperación europea. Su “Plan d’Action Internationale” (Sorbonne Université, 2023) contempla el desarrollo de másteres internacionales conjuntos y el incremento del número de programas impartidos en inglés en las áreas STEM. La docencia en inglés se integra como parte del proceso de atracción de talento internacional y de la marca “Sorbonne Alliance” (Campus France, 2022).

- Politécnico de Milán (Italia): constituye un referente europeo en políticas EMI. Desde 2014, su plan lingüístico institucional establece que todos los másteres en ingeniería deben ofrecerse íntegramente en inglés o en formato bilingüe (Politecnico di Milano, 2022). La universidad cuenta con programas de formación docente y certificación lingüística interna (nivel C1), además de incentivos económicos para el profesorado que imparte en inglés (Costa y Coleman, 2013; Guarda y Helm, 2017).

- Universidad de Oporto (Portugal): adopta una estrategia intermedia, caracterizada por la flexibilidad lingüística. La Faculdade de Engenharia (FEUP) ofrece la mayoría de sus másteres como “Portuguese – Suitable for English-speaking students”, lo que refleja una política adaptativa: mantener el portugués como idioma base pero permite la inclusión de estudiantes internacionales (Universidade do Porto, 2023). Esta fórmula busca equilibrar la apertura internacional con la preservación de la identidad lingüística (Fortanet-Gómez, 2020).

Estrategias comunes y factores de éxito

Del análisis comparativo se desprenden tres pilares comunes en las universidades con mayor grado de internacionalización efectiva:

1. Apoyo institucional al profesorado: formación lingüística y metodológica en EMI, con reconocimiento formal y certificación (ejemplo: Politécnico de Milán).

2. Estructuras de coordinación centralizada: vicerrectorados o direcciones específicas dedicadas a la internacionalización académica y lingüística.

3. Promoción internacional activa: presencia web bilingüe completa, portales de admisión internacionales y estrategias de captación de talento coordinadas con redes europeas (EUA, ENAEE, Erasmus Mundus).

En conjunto, los casos analizados confirman que la institucionalización del EMI —más allá de la oferta puntual de programas en inglés— constituye el elemento diferenciador entre una internacionalización estructural (caso Politécnico de Milán) y una internacionalización parcial o adaptativa (casos español y portugués).

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

Conclusión 1: Existe una profunda heterogeneidad en la oferta docente a nivel máster en ingeniería entre las diferentes regiones de España. Las comunidades autónomas de Cataluña y Navarra presentan una oferta en inglés amplia, superior al 50%, mientras que otras comunidades incluso no tienen ningún programa completo ofertado en inglés, como Galicia.

Conclusión 2: La oferta de másteres de ingeniería en inglés en España se encuentra en el 90% de los casos analizados por debajo de los referentes europeos, lo que limita la capacidad del sistema universitario para atraer talento internacional en este campo clave.

Específicamente, la menor proporción de másteres impartidos íntegramente en inglés en las universidades españolas (23,1 %) frente a la media europea de referencia (69,31 %) pone de manifiesto la existencia de barreras estructurales, lingüísticas y organizativas que dificultan la plena adopción del modelo EMI en el ámbito de la ingeniería. Esta brecha sugiere que países vecinos como Italia y Portugal han avanzado más decididamente en la implantación de estrategias institucionales de

internacionalización, apoyadas en políticas de formación lingüística del profesorado y una orientación explícita hacia la captación de estudiantes internacionales.

Conclusión 3: Las universidades más punteras en España en términos EMI sí se encuentran a la altura de la media de referencia, lo cual indica que un modelo más internacionalizado y con mayor oferta en inglés es posible en España.

Conclusión 4: El éxito de los países de referencia como Italia radica en la implementación de políticas institucionales de apoyo al desarrollo de competencias lingüísticas del profesorado y la existencia de estructuras centralizadas de promoción.

Recomendaciones Estratégicas: Es imperativo que las universidades españolas de ingeniería tomen iniciativas inspiradas en universidades de referencia en el extranjero: a) Desarrollen planes lingüísticos que incluyan formación continua para el profesorado; b) Establezcan portales web centralizados y bilingües para la promoción de la oferta; c) Fomenten convenios de doble titulación con el inglés como lengua vehicular.

REFERENCIAS

- Campus France. (2022). *International Strategy of French Higher Education*. Campus France.
- Costa, F. y Coleman, J. A. (2013). A survey of English-medium instruction in Italian higher education. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, 16(1), 3–19.
- De Wit, H. (2020). Internationalisation of higher education: The need for a more ethical and qualitative approach. *Journal of International Students*, 10(1), 1–4.
- Fernández-Costales, A. (2019). EMI and multilingualism in Spanish higher education. *System*, 84, 1–13.
- Fernández-Costales, A. y Herrarte, D. L. (2024) English-Medium Instruction in Spanish universities: A systematic review. *Revista de Educación*, 1(403), 205-235.
- Fortanet-Gómez, I. (2020). The internationalisation of higher education in Spain: Between global trends and local constraints. *European Journal of Language Policy*, 12(2), 235–259.
- Guarda, M. y Helm, F. (2017). “I have discovered new teaching pathways”: The link between language shift and teaching practice. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, 20(7), 897–913.
- Macaro, E. (2018). *English Medium Instruction: Content and language in policy and practice?* Oxford University Press.
- Macaro, E., Curle, S., Pun, J., An, J., y Dearden, J. (2018). *English Medium Instruction: Content and Language in Policy and Practice*. Oxford University Press.
- Oria Alonso, C. y Pérez Fernández, L. M. (2025). Exploring teaching engineering in english at a Spanish university: Perspectives of students and lecturers on challenges and opportunities. *Discover Education*, 4(1), 243.
- Politecnico di Milano. (2022). *Language Policy and Internationalization Strategy 2022–2025*. Polimi.

Sánchez-Pérez, M. (2023). The impact of EMI on student English writing proficiency in a Spanish undergraduate engineering context. *Studies in Second Language Learning and Teaching*, 13(2), 373-397.

Sorbonne Université. (2023). *Plan d'Action Internationale 2023-2027*. Direction des Relations Internationales.

Universidade do Porto. (2023). *Language of Instruction and International Students*. Porto: FEUP.

Wächter, B. y Maiworm, F. (2014). *English-Taught Programmes in European Higher Education: The State of Play in 2014*. ACA Papers on International Cooperation in Education.

Wingrove, P., Zuaro, B., Yuksel, D., Nao, M., y Hultgren, A. K. (2025). *English-medium instruction in European higher education: Measurement validity and the state of play in 2023/2024*. Applied Linguistics, amaf020.

CAPÍTULO 33

ESTRATEGIAS PARA CENTRAR LA ATENCIÓN EN EL LABORATORIO DE BOTÁNICA: GUÍA ICONOGRÁFICA 'IN SITU'

CARMEN ACEDO, ALBERTO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, RUBÉN PÉREZ GONZÁLEZ,
ANA MARÍA VEGA MARAY, ESTRELLA ALFARO-SÁIZ, CLARA RUBIO REINARES,
ANA PAULA MELERO, CELSO JOSÉ DIEZ MELLADO, PAULA ARIELY LOAYZA ROLO,
Y ANA BELÉN FERNÁNDEZ SALEGUI

Universidad de León

INTRODUCCIÓN

Contexto actual, metodologías docencia y sobreinformación

Actualmente, las prácticas de alto impacto, los trabajos colaborativos (Acedo et al., 2020; von Meiring et al., 2025) y otras metodologías innovadoras, como el aprendizaje basado en proyectos (Acedo et al., 2019), la gamificación de contenidos (Acedo et al., 2021a, 2021b; Hall et al., 2025) o las actividades formativas de aprendizaje servicio (Alfaro-Saiz et al., 2024; Fernández-Salegui et al., 2024), juegan un papel clave en la educación superior. Sin embargo, a la vez que se incorporan estas metodologías formativas, aumenta la sobreinformación en el entorno digital en que se mueven los estudiantes universitarios de esta sociedad 3.0, lo que puede ser perjudicial en su formación, a pesar de ser nativos digitales. A nivel formativo, las consecuencias han sido muy poco tratadas en estos niveles superiores (binti Suhaimi y binti Hussin, 2017; Torres y Ackerman, 2022). La situación también genera posibles consecuencias y efectos para la comprensión de la complejidad de la realidad y tanto discentes como docentes están experimentando esos cambios que afectan a la generación y transmisión de conocimiento y a las relaciones pedagógicas en las que participan (Sancho-Gil y Hernández-Hernández, 2018).

En materias en las que el conocimiento avanzado del estudio de la diversidad es relevante en la formación de los estudiantes, se requiere el manejo ágil de un lenguaje específico y amplio, que permita caracterizar y reconocer las especies y ser capaz de comunicar conocimiento sobre ellas. A la par, surge un problema creciente del volumen disponible de fuentes de información de diferente grado de fiabilidad, que se encuentran a su alcance y que van desde los repositorios de apuntes no contrastados a blogs, noticias en redes sociales o videos breves, información que a veces difiere y desanima a los estudiantes a usar las fuentes de referencia recomendadas por sus instructores. Para amortiguar el impacto negativo en el aprendizaje que genera esta situación, se han elaborado materiales específicos en formato roll-up. Estos materiales originales son recursos o herramientas diseñadas específicamente para la

enseñanza, en este caso en docencia universitaria. Se trata de guías de estudio que orientan el aprendizaje y promueven el acceso a la formación más homogénea y contrastada, facilitando la asimilación de los conceptos tratados y evitando la diversidad y el exceso de información que ya existe en entornos digitales. Además, acompañan al estudiante durante todo el periodo formativo y, en este caso, resumen tanto las características y terminología básica como los grupos taxonómicos y de especies que deben conocer.

Presentamos la experiencia “Revisión morfológica de plantas” (Acedo y Simpson 2025) que se basa en las ilustraciones elaboradas para la asignatura Botánica Avanzada y Aplicada del Grado en Biología de la Universidad de León, como modelo a replicar en otras materias equivalentes.

Fortalezas - Beneficios

- Claridad: Los materiales originales pueden ser más claros y concisos que la información dispersa en internet.
- Enfoque: Permite a los estudiantes centrarse en los contenidos relevantes para su aprendizaje y para adquirir competencias específicas.
- Interactividad: A menudo se pueden diseñar para incluir actividades interactivas que fomentan la participación del estudiante.

Estrategia

La estrategia concreta que se quiere implementar es la selección de contenido relevante, para ello se crean materiales que se alinean específicamente con los objetivos del curso y las necesidades de los estudiantes.

En otros contextos, el uso de las tecnologías como la integración de plataformas educativas también facilita el acceso y la interacción con materiales formativos selectos. Además, se realiza una retroalimentación continua, recogiendo opiniones de los estudiantes sobre la utilidad de los materiales y se hacen ajustes según sea necesario.

Aunque la información digital tiene sus ventajas, por la inmediatez y la información global que abarca, la calidad y la metodología de presentación de la información selecta de calidad son clave en la educación superior.

Objetivos

- 1) Desligar la actividad de la asignatura de la ingente información digital disponible.
- 2) Centrar la atención en caracteres diferenciales y en el aprendizaje de la terminología.
- 3) Análisis del progreso en el conocimiento básico.

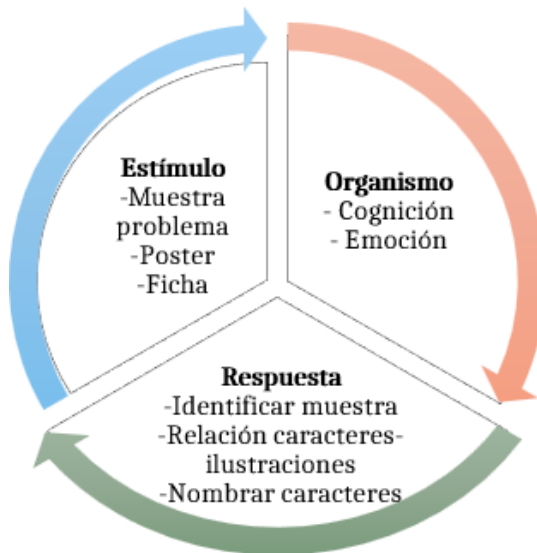
MÉTODO

Metodología educativa

Este proyecto se enmarca en la metodología S-O-R: estímulo, organismo, respuesta, (Fig. 1), que se repite de modo encadenado. En docencia, esta metodología aplica la teoría que explica que el comportamiento del estudiante se produce por la interacción entre un estímulo externo, que en esta secuencia de aprendizaje es en primer lugar la muestra vegetal desconocida, en una segunda fase el roll-up y más tarde la ficha. Los procesos internos del organismo (cognición, emoción) se producen tras la disección e interpretación de las características de la muestra problema que ayudan a la identificación. Por último, la respuesta observable del estudiante será la interpretación, identificación de la muestra problema, relación de sus características con las ilustraciones y terminología que concluyen con el aprendizaje de contenidos.

En el ámbito educativo, los estímulos pueden ser una pregunta o una explicación del profesor o los materiales de trabajo. El organismo representa el proceso mental del alumno, cómo interpreta y procesa la información. Y la respuesta es su reacción, como aprender, responder, preguntar o incluso mostrar desinterés.

Figura 1. Diagrama de elementos del aprendizaje S-O-R estímulo, organismo, respuesta



Nota: Diagrama de elementos del aprendizaje S-O-R estímulo, organismo, respuesta, que explica que el comportamiento del estudiante se produce por la interacción entre un estímulo externo (roll-up, ficha), los procesos internos del organismo y la respuesta observable del estudiante (aprendizaje de contenidos)

Contexto y personas

El desarrollo de la actividad se implementó en Botánica Avanzada y Aplicada, una asignatura de sexto semestre del Grado en Biología de la Universidad de León. Aunque la asignatura contaba con 100 estudiantes, en torno a 75 participaron regularmente en el ejercicio, excepto en las últimas sesiones, coincidentes con el fin de curso, en las que la participación se redujo a 54 personas.

El proceso de aprendizaje se organiza en la asignatura en torno a una combinación de clases teóricas magistrales, sesiones prácticas de laboratorio y campo. Las clases teóricas se imparten con presentaciones de PowerPoint para transmitir y sobre todo ilustrar conceptos teóricos que los estudiantes deben conocer para ser capaces de diferenciar y reconocer grupos de plantas seleccionados. Las sesiones prácticas de laboratorio consisten en la resolución de casos de identificación de muestras desconocidas, en las que deben observar características diagnósticas aplicando los conocimientos teóricos a los casos prácticos: es necesario poner en práctica los conocimientos aprendidos durante las clases teóricas o en las explicaciones previas a cada sesión de laboratorio, si son novedosos. Para ello, es necesario diseccionar las muestras y reconocer sus características esenciales para la identificación mediante claves científicas. Para ello, es esencial conocer y entender la terminología específica.

En los últimos años, han proliferado aplicaciones que identifican organismos mediante inteligencia artificial (IA) y a la par se está popularizando el uso de esas aplicaciones por los estudiantes para hacer un reconocimiento previo, lo que impide el proceso lógico de aprendizaje, pues en vez de interpretar y entender los conceptos y características de la muestra van descartando aquellas opciones de la clave de identificación que no corresponden a la identificación previa obtenida mediante IA, que, podría ser correcta o no, afectando notablemente al proceso formativo y a la adquisición de habilidades prevista.

Las sesiones de laboratorio

Cómo se desarrolla y en qué consiste una sesión práctica en las diferentes fases del proceso teniendo en cuenta la metodología SOR.

Estímulo

Fase 1: Examen y disección de la muestra problema, observación y reconocimiento de caracteres.

Fase 2: Relacionar los caracteres observados en la muestra con las ilustraciones del póster mudo.

Fase 3: Interpretar, marcar y nombrar los caracteres diagnósticos en la ficha de respuestas del póster.

Organismo

Fase 1: Identificar caracteres vegetativos y reproductivos distintivos, y resumir mediante fórmula floral e identificación con claves científicas.

Fase 2: Señalar los caracteres observados a la ficha, relacionando las muestra problema con los diagramas del póster.

Fase 3: Relacionar caracteres diagnósticos, ilustraciones, conceptos y táxones.

Respuesta

Fase 1: Identificación con la clave de identificación científica de la muestra problema.

Fase 2: Reflexión sobre los taxones y nuevos caracteres observados durante la sesión. Marcar caracteres diagnósticos observados en la ficha ilustrada.

Fase 3: Nombrar (ser capaz de) caracteres empleando terminología botánica específica

La propuesta es flexible, en cuanto a que cada estudiante puede optar por una de las muestras examinadas durante la práctica, lo que permite adaptar la dificultad a los participantes. Una de las mejoras que se podrían llevar a cabo es replicar esta actividad con la misma muestra problema en diferentes momentos del semestre, para analizar la evolución del aprendizaje de los estudiantes.

Desarrollo de la actividad

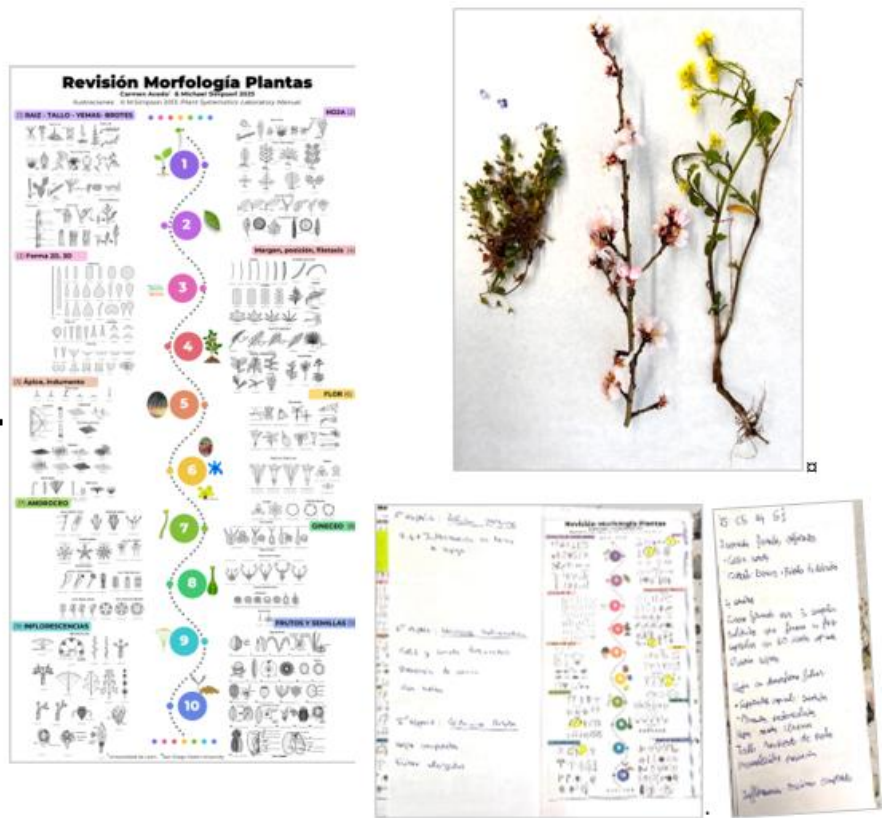
Para complementar el aprendizaje, se elaboraron materiales visuales, que estuvieron disponibles en el laboratorio durante las sesiones prácticas de Botánica Avanzada y Aplicada, asignatura en la que los estudiantes tienen que manejar un vocabulario específico, avanzado y amplio para el reconocimiento y para la identificación de las muestras de plantas vasculares mediante claves de identificación.

Se trata de un poster roll-up, replicado en una ficha muda, que reúne la mayoría de los caracteres y conceptos del curso, que debe emplear el estudiante para resumir los caracteres necesarios para identificar la muestra, señalando y nombrando los que equivalen a su muestra. Estos materiales se empleaban durante cada sesión de laboratorio, con el fin de facilitar a los estudiantes el reconocimiento e identificación de las características y de la terminología y para ayudar a centrar la atención en los contenidos específicos de la asignatura. Representan un segundo estímulo, además de ser una herramienta de aprendizaje útil, sencilla y visual en la que se muestran ilustrados los caracteres de las plantas vasculares que deben reconocer y que obliga a los estudiantes a hacer memoria y recordar o fijar los conceptos relevantes, que deben seleccionar y nombrar en la ficha muda. Por otro lado, cuentan con cierta libertad de aprendizaje, pues para completar la ficha podían seleccionar alguno de los grupos taxonómicos en estudio en esa sesión, así como los caracteres a destacar en cada caso.

Esta sencilla actividad forzaba a los estudiantes a reflexionar y repasar contenidos sobre los caracteres y sobre los grupos en estudio y, probablemente, reflexionar si el conocimiento adquirido era o no suficiente.

Siguiendo esta dinámica, se tomaron datos durante siete semanas en las sesiones de laboratorio, recabando información de las 14 horas de aprendizaje, consistente en la información registrada por los estudiantes en la ficha muda que entregaban al finalizar la sesión práctica y que servía como tarea final de síntesis de las características diferenciales estudiadas. También se realizó una encuesta de satisfacción al inicio y al final de la actividad.

Figura 2. Panel, muestras y ficha



Nota: A la izquierda, panel mudo en el que se centra esta experiencia, que resume los caracteres de las plantas angiospermas, y representa el contenido básico para el reconocimiento e identificación de este grupo de plantas. A la derecha, bandeja de muestras de laboratorio y la ficha de trabajo con respuestas iniciales de 3 muestras y final de una sola muestra (con más características registradas)

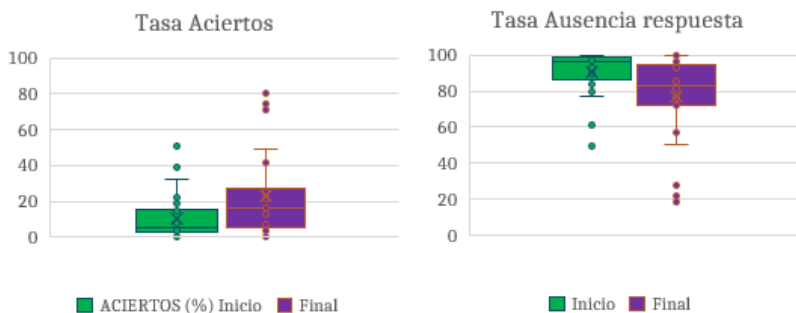
RESULTADOS

El uso de la herramienta, centrada en el aprendizaje, resultó positivo en el aprendizaje de terminología y de los conceptos de la asignatura Botánica Avanzada y Aplicada en la que el conocimiento y comprensión de la terminología son esenciales. Consideramos, que forzar a los estudiantes a la interpretación de las observaciones y a la reflexión y repaso favorecen el aprendizaje y la comprensión, y centran el esfuerzo en información selecta esencial favoreciendo el rendimiento académico.

Progreso de las habilidades

Se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney para analizar si hubo diferencias significativas entre las tasas de acierto de los caracteres analizados durante el proceso de aprendizaje. Esta prueba estadística fue seleccionada porque los datos analizados no muestran una distribución normal y los grupos no son pareados. Al comparar los porcentajes de caracteres registrados correctamente y de caracteres no registrados y errores en las fichas, se obtuvo un p-valor de 0,006, lo que indica la existencia de diferencias significativas y, por tanto, se asume una mejora en la formación del alumnado.

Figura 3. Comparación de resultados al inicio (n=75) y al final (n=54)



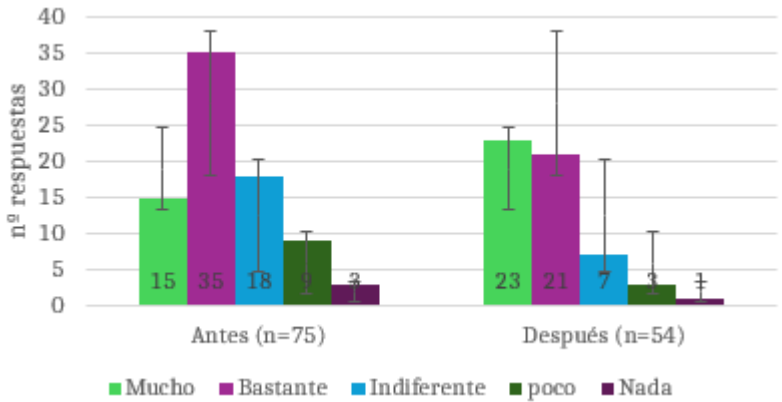
Nota: Comparación de resultados al inicio (n=75) y al final (n=54) de la actividad formativa, se ha medido como tasa de aciertos (%) y de ausencia de respuesta y error (%). Puede observarse la evolución en la adquisición de conocimiento)

Las gráficas de progreso de resultados a medida que avanza el curso (Fig. 3) muestran un aumento en la tasa de aciertos (%) a la par que se produce una disminución en la ausencia de respuestas y errores. También se computó, aunque no se analizó, la tasa de error, pues habitualmente los estudiantes evitan responder en vez de hacerlo al azar. Es posible, además, que los resultados puedan estar condicionados, porque es más sencillo y ágil anotar menos respuestas.

Resultados encuesta

El uso de esta metodología tuvo un impacto muy positivo en los estudiantes según reflejaron los cuestionarios de satisfacción, en los que se preguntaba por el grado de mejora en la comprensión y aprendizaje de la terminología específica. En las encuestas realizadas al inicio y final de la experiencia, el 81,5 % y el 70,6 % de los participantes manifestaron que el empleo de esta herramienta facilitó su aprendizaje y la valoran como favorable o muy favorable. No obstante, se detectó un % de estudiantes con un cierto desinterés en la metodología, entregan las fichas vacías, o no las entregan o anotan un número mínimo de observaciones.

Figura 4. Resultados de la encuesta de satisfacción



Nota: 4 Resultados de la encuesta de satisfacción de los estudiantes con la actividad. En las encuestas realizadas al inicio y final de la experiencia, el 81,5 % (n=75) y el 70,6 % (n= 54) de los participantes manifestaron que el empleo de esta herramienta facilitó el aprendizaje, y consideran es una Herramienta para mejorar y afianzar conocimientos.

DISCUSIÓN

La actual generación 3.0 está muy acostumbrada a obtener información de manera instantánea, a interactuar en entornos virtuales y a aprender a través de medios digitales (Jiménez Alfaro, Aranda Romero & Herrera Garrido, 2024). Sin embargo, este contexto en el ámbito universitario expone con frecuencia a los estudiantes a una situación de sobreinformación (Torres y Ackerman 2022), que a pesar de ser nativos de esta sociedad 3.0 interfiere en su proceso de aprendizaje. Este tema ha sido poco tratado en la educación superior, por lo que no se conocen exactamente ni se han analizado los prejuicios que supone a nivel formativo, ni las consecuencias, lo que también perjudica en el ámbito personal (binti Suhaimi y binti Hussin, 2017).

El contexto en el que surge nuestra experiencia, además de incorporar la materia implicada, busca dar respuesta a la pregunta: ¿Qué tipo de soluciones se le puede dar

al exceso de información? Existen metodologías o sistemas para resolver este problema de una forma más optimizada, como destacar o facilitar las fuentes relevantes, pues disponer de una gran cantidad de información no significa estar mejor documentado. La recomendación es que siempre se trate de usar información contrastada. Otra opción es depurar contenidos, pero los estudiantes, no siempre tienen estrategias suficientes para seleccionar las informaciones más valiosas. Sin embargo, las tecnologías avanzan día a día, lo que significa que cada vez llegan más datos e información.

No obstante, sólo disponemos de unos resultados preliminares para seguir prospectando a más largo plazo a la vez que exploramos otras ideas complementarias.

Ideas para explorar

1. Sobreinformación digital: La sobreinformación digital forma parte de la sobrecarga y puede ser un impedimento para un aprendizaje eficaz y tener efectos negativos en la salud mental. Para combatirlo es recomendable promover estrategias de gestión del tiempo y fomentar la desconexión digital para mejorar el enfoque del aprendizaje. A veces para la sobreinformación que sufre el internauta y la pérdida de atención del alumnado se busca la solución inmediata al problema sin dar suficiente importancia al proceso de trabajo (Núñez-Murga, 2022). Algunos estudios están muy alineados con nuestros objetivos, aunque desde ángulos distintos (afrontamiento, sobrecarga digital y alfabetización informacional). Los estudiantes que emplean estrategias de afrontamiento adaptativas, como planificación, interpretación positiva o búsqueda de apoyo, muestran mayor compromiso académico, que mejora su rendimiento. El trabajo manual y reflexivo con el póster mudo de caracteres morfológicos es una estrategia de 'higiene digital', pues no tiene 'notificaciones' y además permite organizar el consumo informativo y el descanso digital. Es un mecanismo de desconexión y afrontamiento efectivo (Tafesse et al., 2024).

2. Mecanismos de afrontamiento: Estrategias que implementan los estudiantes para manejar la sobreinformación. Por ejemplo, establecer prioridades y limitar las fuentes de información a las más relevantes. Los estudiantes deben seleccionar cuidadosamente la información que consumen y fomentar su atención plena en el aprendizaje (Eniversity, 2025). Es un afrontamiento adaptativo que actúa como filtro cognitivo-emocional ante la sobreinformación, ayudando a procesar mejor los estímulos múltiples. Usando materiales formativos no digitales, se priorizan las tareas y es una pausa a la saturación informativa, afrontando el exceso con planificación (Vizoso et al., 2018).

3. Compromiso estudiantil. ¿Cómo se ven influenciados los estudiantes por la sobreinformación según la efectividad de sus mecanismos de afrontamiento? ¿Pueden responder a todos los condicionantes que requiere la docencia actual, tareas, trabajos,

preparación de pruebas de evaluación, participación en actividades formativas? El uso del poster mudo de caracteres discrimina la información de forma fiable, y de esta forma se gestiona la sobreinformación y se evita la infosicación. Si los estudiantes tienen una buena alfabetización informacional, autoeficacia y compromiso se sentirán competentes al filtrar, analizar y usar información (Zhao, 2024)

CONCLUSIONES

El análisis de resultados ha demostrado que algunas actividades formativas relacionadas con la enseñanza tradicional constituyen una herramienta educativa de gran valor, a la vez que los estudiantes adquieren competencias clave de las asignaturas implicadas.

En cuanto a los resultados académicos globales en la asignatura, no se observó que mejoraran con respecto a años anteriores, pero no cabe duda de que los resultados del análisis sugieren que la metodología empleada ha tenido un impacto positivo significativo en la formación conceptual de los estudiantes. En paralelo, este tipo de actividades, más tradicionales, ayudan a evitar la infosicación, proporcionando estrategias de afrontamiento adaptativas, que ponen de manifiesto que “es mejor calidad que cantidad” y que favorecen el compromiso estudiantil.

Sin embargo, la experiencia adquirida es aún escasa y hay que implementar mejoras que faciliten la toma de datos y sobre todo la evaluación en la mejora del conocimiento adquirido por los estudiantes.

Agradecimientos

Queremos agradecer la participación de los estudiantes que se involucraron en la actividad, que hicieron posible este trabajo, así como la ayuda de Arsenio Terrón y Victoria Ferrero, profesores colaboradores de la asignatura en la toma de datos. Proyecto parcialmente financiado con cargo al Plan Propio de financiación de los GID de la Universidad de León, promovido por la Escuela de Innovación y Docente, Formación y Evaluación del Profesorado, concedido en la convocatoria 2024.

REFERENCIAS

Acedo C., Alfaro-Saiz, E., y Fernández-Salegui, A. B. 2019. El Aprendizaje Activo (AA+) como herramienta para alcanzar mejor capacitación en Gestión de Flora de estudiantes de Ciencias Ambientales. En Egea González, F. J., Gázquez Linares, J. J., Molero Jurado, M.M., Simón Márquez, M.M., Martos Martínez, A., Barragán Martín, A. B., Oropesa Ruiz, N. F. y Soriano Sánchez, J. G., *Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura* (pp. 371-373). Ed. Dykinson. Madrid.

Acedo, C. y Simpson, D. (2025). *Revisión morfológica de plantas para la asignatura Botánica Avanzada y Aplicada*. Grado en Biología, Universidad de León.

Acedo, C., Alonso Felpete, J. I., Ferrero, V., Fernández-Salegui, A. B., Vega-Maray, A. M., Alfaro-Saiz, E., Lence Paz, C., Trobajo, S., Santamarina, S., y Lois Madera, R. (2021^a). *Estrategias de enseñanza-aprendizaje exitosas para acercar a los estudiantes a la botánica: LBULE 2021. Libro de Actas del Primer Congreso Español de Botánica: 153.*

Acedo, C., Alonso Felpete, J.I., Ferrero, V., Fernández-Salegui, A. B., Vega-Maray, A. M., Alfaro-Saiz, E., Lence Paz, C., Trobajo, S., Santamarina, S., y Lois Madera, R. (2021b). Disfrutar y cooperar en competición, una conexión real entre los estudiantes y las disciplinas en tiempos raros para la enseñanza: LBULE 2021. En Martos Martínez, A., Barragán Martín, A. B., Molero Jurado, M. M., Pérez Fuentes, M. C., Simón Márquez, M. M. y Gázquez Linares, J. J. *Innovación docente e investigación en ciencias, ingeniería y arquitectura: nuevos enfoques en la metodología docente* (pp. 33-48). Dykinson s.L. Madrid

Alfaro-Saiz, E., Rodríguez Fernández, S., Mellero Castellot, A. P., Rubio Reinares, C., Acedo C., Lois Madera, R., Rodríguez Fernández, A., Pérez González, R., y Vega Maray, A. M., Fernández-Salegui, A. B. (2024). Innovación en Educación: Biomaratón en acción. En Molero Jurado M. M., Gázquez Linares, J. J., Martos Martínez, A., Molina Moreno, P. y Fernández Gea, S. *Innovación docente e investigación en ciencias, ingeniería y arquitectura: desafíos de la enseñanza y aprendizaje de la educación superior* (pp. 373-385). Dykinson S.L. Madrid.

binti Suhaimi, F. A. y binti Hussin, N. (2017). The influence of information overload on students' academic performance. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(8), 2222-6990.

Eniversity 2025. *Estrategias para evitar la saturación informativa y mejorar la experiencia del alumno*. <https://eniversity.com/articulos/articulo-estrategias-para-evitar-la-saturacion-informativa-y-mejorar-la-experiencia-del-alumno-4796> [accedido 22 de octubre de 2025]

Fernandez-Salegui, A.B., Rubio Reinares, C., Alfaro-Saiz, E., Pérez González, R., Mellero Castellot, A. P., Lois Madera, R., Rodríguez Fernandez, S., Rodríguez Fernández, A., Vega Maray, A. M. y Acedo C. (2024). Botánica práctica: un enfoque de aprendizaje servicio a través de las prácticas curriculares. En Molero Jurado M. M., Gázquez Linares J. J., Martos Martínez, A., Molina Moreno P. y Fernández Gea S., *Innovación docente e investigación en ciencias ingeniería y arquitectura: desafíos de la enseñanza y aprendizaje de la educación superior* (pp. 325-334). Dykinson S.L. Madrid

Hall, H., Stroud, S., Culham, A., Clubbe, C., Batke, S., Medcalf, S., ... Mitchley, J. (2025). The Botanical University Challenge: Bridging isolation and empowering plant-aware students. *Plants, People, Planet*, 7(4), 906-919 <https://doi.org/10.1002/ppp3.10636>

Jiménez Alfaro, S., Aranda Romero, M. T., y Herrera Garrido, M. G. (2024). Integrando la inteligencia artificial en el aula de ingeniería: análisis en mecánica de sólidos. En Molero Jurado, M. M., Gázquez Linares, J. J., Martos Martínez, A., Molina Moreno, P., y Fernández Gea, S (coord.). *Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura: Desafíos de la Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior* (pp. 387-397).

Núñez-Murga, A. (2022). *La creatividad en la era de la sobreinformación: propuesta de intervención para generación de concepts en el ciclo superior de Animaciones 3D de Formación Profesional* (Master's thesis). URI: <https://reunir.unir.net/handle/123456789/12595>. Universidad de La Rioja.

Sancho-Gil, J. M. y Hernández-Hernández, F. (2018). La profesión docente en la era del exceso de información y la falta de sentido. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (56). Recuperado a partir de (<https://revistas.um.es/red/article/view/321491>)

Tafesse, W., Aguilar, M. P., Sayed, S., y Tariq, U. (2024). Digital overload, coping mechanisms, and student engagement: An empirical investigation based on the S-O-R framework. *SAGE Open*, 14(1). <https://doi.org/10.1177/21582440241236087>

Torres, F. V. y Ackerman, S. (2022). *Sobreinformación en el ámbito universitario: visibilización de la problemática*. Universidad de Buenos Aires. Trabajo final de especialización.

Vizoso, C., Rodríguez, C., y Arias-Gundín, O. (2018). Coping, academic engagement and performance in university students. *Higher Education Research & Development*, 37(7), 1515-1529. <https://doi.org/10.1080/07294360.2018.1504006>
<http://hdl.handle.net/10651/49766>

Zhao, J. (2024). The relationship between information literacy and online learning engagement: A moderated mediating model. *BMC Psychology*, 12, Article 791. <https://doi.org/10.1186/s40359-024-02316-1>

CAPÍTULO 34

EL PRESENTE Y EL FUTURO DE LA IA EN LA ENSEÑANZA DE ASIGNATURAS CON CONTENIDO MATEMÁTICO

PEDRO GONZÁLEZ RODELAS* Y ENRIQUE MANUEL MORENO PÉREZ**

**E.T.S.I. Caminos, C. y Puertos (Universidad de Granada);*

***Universidad Politécnica de Madrid*

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las matemáticas ha sido históricamente uno de los campos más desafiantes y estructurados dentro del sistema educativo. Su carácter abstracto, su progresión lógica y su exigencia cognitiva han convertido habitualmente a esta disciplina en un terreno fértil para la innovación pedagógica. En los últimos años, la irrupción de la inteligencia artificial (IA) ha abierto nuevas posibilidades para transformar tanto los métodos de enseñanza como las formas de aprendizaje y evaluación, especialmente en el nivel universitario, donde ya la madurez del alumnado se presupone en cierto sentido; pero no cabe duda de que el impacto final del uso de la IA acabará siendo a todos los niveles de la enseñanza, e incluso en la investigación matemática.

El impacto que la IA educativa puede llegar a tener en las matemáticas y otras asignaturas de tipo científico-técnico, está generando cada vez más interés, ya que no se limitaría a automatizar tareas administrativas o generar ejercicios más o menos repetitivos, sino que puede llegar a redefinir la relación entre el docente, el estudiante y el conocimiento. Además, su gran potencial para personalizar dicha enseñanza, adaptándola a las necesidades concretas y el ritmo particular de cada estudiante, con un ímpetu constante y sin desfallecer en el intento, sea cual sea la respuesta o grado de motivación del discente, es siempre un punto a su favor, que sin duda puede servir de apoyo y refuerzo de las explicaciones, indicaciones y motivación inicial ya aportados por el docente, encargándose éste de la parte más humana y empática del proceso de aprendizaje en sí.

Las revisiones sistemáticas de la literatura académica (consultar la bibliografía reciente: Campillo Herrero y Antón Espada (2025), Conde-Carmona y Padilla-Escorcía (2025), Duarte et al. (2024), Estrada Tangarife (2024), Luzano (2025), Panqueban y Huincahue (2024), Román (2024) y las referencias allí incluidas) destacan un creciente interés en investigar tanto herramientas específicas de IA como las estrategias pedagógicas más amplias que éstas habilitan. Sin embargo, estas investigaciones también identifican brechas significativas, incluyendo la falta de

estudios a largo plazo sobre los resultados de los estudiantes, un análisis insuficiente del impacto en poblaciones estudiantiles diversas, y una exploración limitada de los desafíos prácticos de implementación: como la privacidad de los datos, la ética, y la preparación de los docentes. Un hallazgo recurrente subraya que la educación matemática basada en tecnología sin la intervención de un profesor sigue siendo "desafiante y casi inexistente", lo que resalta el papel insustituible del educador.

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la enseñanza de las matemáticas está marcando una transformación fundamental en las metodologías pedagógicas, especialmente en entornos virtuales de enseñanza online y en la educación superior. Un análisis exhaustivo de la literatura académica revela que la IA ofrece un potencial significativo para personalizar el aprendizaje, mejorar el rendimiento académico y aumentar la motivación de los estudiantes. Las herramientas basadas en IA, como los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS, siglas en inglés) y las plataformas de retroalimentación automatizada, se adaptan a las necesidades individuales, permitiendo a los alumnos progresar a su propio ritmo y enfocarse en áreas de dificultad.

Los hallazgos clave indican que la IA facilita una comprensión conceptual más profunda al proporcionar retroalimentación inmediata y constructiva, lo que permite a los estudiantes identificar y corregir errores en tiempo real. Además, la automatización de tareas administrativas libera a los docentes, permitiéndoles centrarse en aspectos más estratégicos de la enseñanza y en la atención individualizada al alumnado. A pesar de estos beneficios prometedores, la investigación también identifica desafíos, como la necesidad de estudios longitudinales más rigurosos para evaluar los efectos a largo plazo y la heterogeneidad de las herramientas de IA, que dificulta la estandarización de las mejores prácticas. En conjunto, la IA se perfila como un recurso crucial para crear un entorno educativo matemático más eficaz, inclusivo y adaptativo.

Sin embargo, esta transformación tecnológica plantea interrogantes fundamentales sobre el sentido pedagógico, la equidad, la ética y el rol del profesorado en este nuevo ecosistema. Por lo tanto, no es de extrañar que todas estas cuestiones seguirán siendo de máxima actualidad e importancia en los años venideros, hasta que no se encuentre un necesario equilibrio y buen hacer en la más que inevitable futura inclusión de muchas de estas herramientas en el proceso de aprendizaje de las matemáticas, y otras muchas materias, a todos los niveles de la enseñanza actual.

La presente reflexión se fundamenta en un enfoque cualitativo de carácter exploratorio, orientado a analizar el impacto emergente de la inteligencia artificial en la enseñanza universitaria de las matemáticas. Dado que se trata de un fenómeno en constante evolución, con aplicaciones aún en fase de consolidación, se opta por una

metodología basada en la revisión documental y el análisis crítico de fuentes especializadas.

Para ello, se han consultado estudios recientes, informes técnicos, artículos académicos y experiencias docentes que abordan la integración de herramientas de IA en contextos educativos. En particular, se han considerado trabajos como las revisiones sistemáticas (Campillo Herrero y Antón Espada, 2025; Luzano, 2025; Panqueban y Huincahue, 2024) que identifican tendencias metodológicas y aplicaciones concretas en el ámbito de la educación matemática, así como propuestas de implementación curricular en varias universidades hispanoamericanas, fundamentalmente.

Objetivos

Los objetivos fundamentales del presente trabajo son principalmente la obtención de un panorama general del avance actual de la Inteligencia Artificial en la educación en general, así como explorar como ésta podría transformar la enseñanza de las matemáticas en particular, a todos los niveles, desde primaria hasta la universidad.

VENTAJAS POTENCIALES

En el ámbito de las matemáticas, una disciplina a menudo percibida como compleja, la IA ofrece soluciones para superar los desafíos pedagógicos tradicionales, especialmente en la educación superior, pero no cabe duda de que también acabará impregnando cada vez más al resto de niveles de enseñanza, dada la gran versatilidad y ventajas potenciales, entre las que cabría destacar:

- Personalización del aprendizaje: adaptación al ritmo y estilo de cada estudiante.
- Atención a la diversidad: generación de problemas según intereses o dificultades específicas.
- Evaluación inteligente: análisis de patrones de error, retroalimentación formativa.
- Accesibilidad: IA como apoyo en contextos con escasos recursos humanos o económicos, pero con los medios tecnológicos suficientes.
- Escalabilidad: en principio permiten atender a cientos de estudiantes sin perder excesiva calidad.
- Flexibilidad: se adaptan bien tanto a modelos híbridos, asincrónicos y síncronos o presenciales.
- Análisis predictivo: permiten identificar a estudiantes en riesgo académico con tiempo suficiente como para poder actuar con la suficiente antelación.
- Interdisciplinariedad: útiles en matemáticas, ciencias en general, ingeniería, humanidades, idiomas y muchas más asignaturas diversas.

De hecho, la IA permite abordar problemas tan desafiantes como la falta de atención individualizada en aulas con un alto número de estudiantes y la dependencia de enfoques basados en la memorización. Al ofrecer plataformas interactivas y adaptativas, fomenta un aprendizaje más profundo, centrado en el razonamiento crítico y la comprensión conceptual: (Duarte et al., 2024).

RIESGOS Y DESAFÍOS

No obstante, el optimismo y entusiasmo inicial también se ve equilibrado o contrapuesto por una madura conciencia acerca de los posibles riesgos, desafíos éticos, técnicos y pedagógicos que no convendría pasar por alto:

- **Pereza cognitiva:** un uso excesivo o inadecuado de la IA puede reducir el esfuerzo mental y la metacognición, que claramente iría en detrimento del desarrollo neuronal y funcional del alumnado involucrado.
- **Dependencia tecnológica:** riesgo de que los estudiantes pierdan habilidades básicas fundamentales en detrimento de una dependencia de herramientas externas, de carácter tecnológico.
- **Ética y privacidad:** el uso responsable de los datos, evitar sesgos algorítmicos, fomentando la transparencia y la equidad seguirá siendo una preocupación y un reto fundamental para que la IA pueda ser empleada con más confianza y tranquilidad por parte del alumnado y de la población en general.
- **Formación docente:** existe una enorme necesidad de capacitación del profesorado para que sea capaz de integrar la IA en sus clases de una manera crítica y adaptada a las necesidades y niveles de su alumnado.

MODELOS PEDAGÓGICOS EMERGENTES

- **Aprendizaje guiado por IA:** en lugar de dar respuestas definitivas, fomenta más bien el razonamiento y la reflexión hasta llegar al resultado final.
- **Sistemas de tutoría inteligente (ITS, de sus siglas en inglés):** IA como copiloto del aprendizaje, no como sustituto del docente.
- **Integración con enfoques didácticos:** que recalca cómo la IA puede “dialogar” y compaginarse con teorías y técnicas diversas, como la resolución de problemas o el aprendizaje basado en proyectos.

La aplicación de la IA en la educación matemática genera una serie de beneficios directos y medibles para los estudiantes, que van desde la mejora de las calificaciones, hasta un mayor compromiso con la materia. Pero no cabe la menor duda de que elegir una(s) herramienta(s) concreta(s) de inteligencia artificial para educación no es solo cuestión de funcionalidad, es también una decisión pedagógica, ética y estratégica importante. Entre los factores clave que habría que considerar antes de integrar una herramienta determinada, cabría destacar los siguientes:

Propósito Pedagógico

- ¿La herramienta se alinea con los objetivos de enseñanza establecidos en tu institución, o en tu caso, a través de la “libertad de cátedra”?
- ¿Fomenta el pensamiento crítico, la resolución de problemas o solo automatiza tareas?
- Enfoque pedagógico riguroso, no solo técnico.

Nivel Educativo y Área de Conocimiento

- Algunas herramientas están diseñadas para primaria (como DreamBox), otras para secundaria o universidad (como Gradescope o Knewton Alta); ver la tabla completa más abajo.
- ¿Está especialmente optimizada para matemáticas, idiomas, ciencias, etc.?

Facilidad de Uso

- ¿Requiere formación técnica previa?
- ¿Tiene interfaz intuitiva para docentes y estudiantes?

Capacidad de Personalización

- ¿Adapta contenidos al nivel, ritmo y estilo de aprendizaje del estudiante?
- ¿Permite modificar parámetros según el contexto educativo?

Privacidad y Seguridad

- ¿Cumple con normativas como el RGPD o la LOPD?
- ¿Cómo gestiona los datos personales de los usuarios?
- Cumplimiento normativo garantizado.

Transparencia y Ética

- ¿La herramienta explica cómo toma decisiones?
- ¿Evita sesgos algorítmicos y promueve la equidad?

Compatibilidad Tecnológica

- ¿Se integra con plataformas existentes como Microsoft 365, Moodle o Google Classroom?
- ¿Funciona en dispositivos móviles, tabletas y ordenadores?

Costo y Licencia

- ¿Es gratuita, freemium (con una versión gratuita más básica y otra superior, ya de pago) o totalmente de pago?
- ¿Ofrece licencias institucionales o descuentos educativos?

Evaluación y Retroalimentación

- ¿Proporciona análisis de desempeño?
- ¿Ofrece retroalimentación formativa útil para el docente y el alumno?

Soporte y Comunidad

- ¿Tiene asistencia técnica activa?
- ¿Existe una comunidad de usuarios que comparte buenas prácticas?

ESTADO ACTUAL Y HERRAMIENTAS DE LA IA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA

• Herramientas como ChatGPT, Gemini, Copilot o Khanmigo, etc. ya se usan en algunos centros educativos de todo el mundo para repasar conceptos matemáticos y como medios de tutorización personalizados.

• Posibilidad de integración en aplicaciones y/o entornos virtuales: con total adaptabilidad, retroalimentación inmediata, generación de ejercicios personalizados, etc.

• Existen ya ejemplos de países pioneros como China o Estonia, donde la IA ya es parte del currículo escolar, desde primaria. En sus escuelas tienen ya implementados sistemas de aprendizaje adaptativo para que el alumnado pueda progresar en el aprendizaje de cada materia a su propio ritmo, mientras que el profesorado tiene a su vez a su disposición una serie de asistentes virtuales, que les ayudan a llevar un control del progreso de cada uno de sus alumnos, revisar, corregir y proponer las tareas adecuadas y adaptadas para su alumnado y gestionar finalmente los informes y calificaciones finales correspondientes.

Así pues, la inteligencia artificial ha dejado de ser una promesa para empezar a convertirse en una aliada cotidiana en el aula. Además de las ya mencionadas herramientas generalistas, existen otras muchas herramientas populares que están ganando terreno en el mundo educativo:

ClickUp (<https://clickup.com/brain>)

• Aunque originalmente es una herramienta de productividad, se ha adaptado al entorno educativo.

- Permite organizar tareas, planificar clases y automatizar recordatorios.
- Ideal para docentes que gestionan múltiples grupos o proyectos.

Copilot Education (<https://www.microsoft.com/education>)

- Ideal para enseñanza secundaria y superior.

DreamBox Learning (<https://www.dreambox.com>)

- Pensada para niveles de primaria.

Eduaide.AI (<https://www.eduaide.ai>)

- Asistente para planificación de clases, generación de rúbricas y evaluación automatizada.
- Muy útil para reducir la carga administrativa del profesorado.

Gradescope (<https://www.gradescope.com>)

- Automatiza la corrección de exámenes y tareas escritas.
- Utilizado en universidades para garantizar objetividad y rapidez en la evaluación.

Hey Gen (<https://app.heygen.com/>)

- Aplicación completa de generación de proyectos, videos, avatares, etc. para presentaciones docentes.

IBM Watson Tutor (<https://www.ibm.com/watson>)

- Tutor virtual que interactúa con estudiantes de secundaria, mediante la utilización de lenguaje natural.
- Ofrece explicaciones, ejercicios y seguimiento del progreso.

Ignite Copilot (<https://ignitecopilot.ai>)

- Diseñada específicamente para docentes y equipos directivos en España y Latinoamérica.
- No es una IA genérica: ha sido creada por expertos en educación con profundo conocimiento del currículo oficial.
- Generación de unidades didácticas completas en minutos, alineadas con la LOMLOE y otros marcos curriculares latinoamericanos.
- Cobertura total de la Formación Profesional en España: ciclos formativos, módulos, criterios de evaluación, etc.
- Adaptación internacional: compatible con planes educativos de otros países latinoamericanos: México, Colombia, Chile y Perú.
- Programación por competencias: ideal para matemáticas, ya que permite integrar saberes básicos, competencias clave y criterios de evaluación.

Khanmigo de Khan Academy (<https://www.khanmigo.ai>)

- Tutor conversacional que fomenta el razonamiento en lugar de dar respuestas directas.
- Promueve el aprendizaje activo y la reflexión.

Knewton Alta (<https://www.knewton.com>)

- Plataforma de aprendizaje adaptativo con análisis predictivo.
- Personaliza rutas de estudio según el rendimiento del estudiante, universitario fundamentalmente.

MATHia (<https://www.carnegielearning.com/solutions/math/m>)

- Especializada en matemáticas, con retroalimentación inmediata y análisis de errores.
- Ideal para secundaria y bachillerato.

Megaprofe (<https://megaprofe.es>)

- Apropiado desde primaria a bachillerato.

Smart Sparrow (<https://www.smartsparrow.com>)

- Creador de experiencias interactivas que se ajustan al ritmo de cada alumno.
- Muy valorado en educación superior y formación técnica.

En general estas herramientas no solo mejoran la eficiencia general del proceso educativo, sino que también transforman la experiencia de aprendizaje. Algunas están más orientadas a la gestión docente, otras al acompañamiento del estudiante, y otras al análisis pedagógico.

Herramientas más populares de IA en Educación Universitaria

A raíz de varias encuestas (consultar, por ejemplo: GoStudent y/o Megaprofe), más del 70% de los estudiantes universitarios ya utilizan alguna herramienta de IA en su día a día académico. Según esta guía de Formarse.es (Mejores IA para profesores: guía completa y comparativa) plataformas como Copilot Education, Eduaide.AI o Megaprofe destacan por su eficiencia y cumplimiento normativo, mientras que otras como MATHia y DreamBox brillan en personalización y mejora del rendimiento académico. Para el contexto hispanohablante y especialmente en el ámbito educativo de matemáticas, otra de las herramientas muy recomendadas en la actualidad es IGNITE Copilot.

Evidentemente, aparte de estas utilidades de IA especialmente diseñadas para ayudar en la actividad docente, de las que cada día habrá más para elegir, también la gran mayoría de aplicaciones y agentes de IA generativas habituales: como ChatGPT, Genini, Grok, Perplexity, DeepSeek, etc. son usadas con bastante frecuencia, tanto por el alumnado como por el profesorado universitario, de enseñanzas medias y cada vez más incluso de primaria.

Tabla 1. Herramientas más populares de IA en Educación Universitaria

Herramienta	Aplicación	Principales Ventajas
Gradescope	Corrección automatizada de exámenes y tareas	Ahorra tiempo, garantiza objetividad
Knewton	Alto Aprendizaje adaptativo en asignaturas STEM	Personaliza rutas de estudio
Smart Sparrow	Diseño de experiencias interactivas	Ideal para cursos online y blended
Copilot	Asistencia docente en planificación y evaluación	Integración con Microsoft 365
Eduaide.AI	Generación de rúbricas, actividades y clases	Enfoque pedagógico y automatización
IBM Watson Tutor	Tutor conversacional para estudiantes	Explicaciones personalizadas
ChatGPT / Gemini	Asistente de escritura, programación y razonamiento	Versátil, útil en múltiples disciplinas
MATHia	Resolución guiada de problemas matemáticos	Retroalimentación inmediata
Gomigo (GoStudent)	Aprendizaje de idiomas con IA	Práctica conversacional y vocabulario

No obstante, calibrar de manera precisa la mejora de la eficiencia y el cambio ejercido en la actividad docente con la ayuda de estas herramientas no será fácil sin los correspondientes estudios comparativos rigurosos; pero de lo que no cabe la menor duda es que están transformando completamente el proceso de enseñanza-aprendizaje allí donde se están implementando ya y usando de manera sistemática.

Cada uno tiene por su parte ciertas particularidades o funcionalidades que le pueden hacer más apropiado en un cierto contexto. Por ejemplo, Copilot Education destaca además por su integración con Microsoft 365, lo que permite ahorrar horas en tareas administrativas. En cambio, DreamBox Learning brilla en personalización matemática en tiempo real, especialmente en niveles iniciales. Por último, otras herramientas de Google como NotebookLM no solo serviría al alumnado universitario a organizar, resumir y entender mejor sus materiales y apuntes de clase, sino que incluso serviría como un completo ayudante de investigación basado en IA, a la hora de realizar un TFG, TFM, e incluso a nivel de doctorado.

En este contexto las mejoras en la “eficiencia” vendrían dadas por los siguientes aspectos, aunque sería complicado realizar una medición totalmente precisa, por lo que aquí se abre un campo de estudio y verificación enorme:

- Tiempo docente: ¿Cuánto reduce la carga de planificación, corrección y gestión?
- Personalización: ¿Qué tan bien se adapta a las necesidades individuales del estudiante?
- Rendimiento académico: ¿Hay evidencia de mejora en resultados o comprensión?

PERSPECTIVAS FUTURAS

- IA como herramienta para la investigación educativa.
- Posible evolución hacia entornos de aprendizaje híbridos, colaborativos y multimodales.
- ¿Podrá la IA enseñar creatividad matemática, o solo técnicas y procedimientos estandarizados?

No cabe duda pues de que la más que probable integración de la inteligencia artificial (IA) en la enseñanza de las matemáticas no solo representará una innovación tecnológica, sino una transformación profunda en los modos de aprender, enseñar y evaluar. En este contexto, se vislumbra una evolución hacia entornos de aprendizaje híbridos, colaborativos y multimodales, donde la IA actúa como mediadora entre la personalización, la interacción y la adaptabilidad pedagógica. Al mismo tiempo la propia IA podrá servir como herramienta para la investigación educativa en ese proceso, sirviendo como catalizador y herramienta de apoyo para la creación de entornos híbridos, colaborativos y multimodales en la enseñanza de las matemáticas y de otras muchas materias relacionadas, o con cierta dificultad intrínseca.

Los entornos híbridos combinan lo presencial y lo virtual, permitiendo que los estudiantes transiten entre espacios físicos y digitales según sus necesidades, ritmos y estilos de aprendizaje. La IA potencia esta flexibilidad mediante sistemas adaptativos que ajustan contenidos, niveles de dificultad y rutas de aprendizaje en tiempo real. En matemáticas, esto se traduce en prácticas guiadas que pueden escalarse desde el aula hasta el hogar, con retroalimentación inmediata y trazabilidad personalizada.

Sin embargo, todos estamos de acuerdo en que la IA no podría ni debería reemplazar la interacción humana, sino que incluso podría llegar a amplificarla. Plataformas inteligentes pueden facilitar la formación de grupos heterogéneos, sugerir roles complementarios y detectar patrones de participación para fomentar la equidad, la inclusión y una evaluación más objetiva. En contextos matemáticos, esto permite diseñar retos colaborativos donde los estudiantes construyen soluciones colectivas, visualizan procesos y comparan estrategias, todo mediado por asistentes virtuales que orientan sin intervenir directamente, pero que al final tendrán que seguir siendo liderados/ moderados y/o evaluados por un profesor humano, que será el responsable final de todo el proceso.

Así pues, seguiría siendo conveniente, e incluso más necesario que nunca, cierta multimodalidad en todo este proceso de aprendizaje, para poder seguir fomentando una comprensión profunda de los contenidos requeridos. La enseñanza matemática tradicional ha privilegiado el texto y la fórmula; sin embargo, la IA abre la puerta a una multimodalidad rica: visualizaciones dinámicas, simulaciones interactivas, comandos por voz, escritura manual digitalizada y análisis de trazos. Esta diversidad de modos

permite representar conceptos abstractos —como funciones, derivadas o integrales— de formas más intuitivas y accesibles, favoreciendo la inteligencia lógico-matemática desde múltiples canales cognitivos.

En este nuevo ecosistema, el docente se redefine como diseñador de experiencias, mentor estratégico y facilitador de pensamiento crítico. La IA puede asumir tareas rutinarias —como la corrección automática o el análisis de desempeño— liberando tiempo para la mediación humana. Además, permite al profesorado anticipar necesidades, ajustar rúbricas dinámicas y visualizar el progreso individual y grupal mediante paneles (dashboards) y aplicaciones web inteligentes.

La evolución hacia entornos híbridos, colaborativos y multimodales exige una formación docente sólida en competencias tecnológicas, pedagógicas y éticas. También plantea retos en cuanto a equidad digital, privacidad de datos y resistencia al cambio. Sin embargo, si se aborda desde una perspectiva sistémica y co-creativa, la IA puede convertirse en una aliada poderosa para transformar la enseñanza de las matemáticas en una experiencia más motivadora, inclusiva y eficaz.

CONCLUSIONES

- La IA no es una solución mágica, sino una herramienta poderosa que debe usarse con criterio pedagógico.
- El futuro dependerá de cómo se diseñen las interacciones entre humanos y máquinas en el aula.
- El Rol del Docente en el Ecosistema de la IA Educativa: Entre la Mediación y la Resistencia.
- El profesor pasa de ser a un transmisor de conocimientos a un diseñador de experiencias de aprendizaje.

La Inteligencia Artificial presenta una oportunidad transformadora para la educación matemática. La combinación de tecnologías avanzadas como los Sistemas de Tutoría Inteligente y el Procesamiento del Lenguaje Natural, junto con estrategias pedagógicas centradas en la personalización, la evaluación continua y la instrucción basada en datos, tiene el potencial de crear entornos de aprendizaje más efectivos, atractivos y equitativos. Sin embargo, la realización de esta visión depende de la capacidad de la comunidad educativa para superar desafíos críticos relacionados con la fiabilidad de las herramientas, la ética, la infraestructura y la formación docente. La inversión estratégica en estos ámbitos será crucial para garantizar que la IA no solo mejore los resultados académicos, sino que también fomente una comprensión más profunda y un mayor aprecio por las matemáticas en todos los estudiantes.

Los estudios demuestran que los sistemas de tutorización inteligentes mejoran significativamente las tasas de aprendizaje, mientras que herramientas como ChatGPT empiezan a mostrar una precisión cada vez más alta en la resolución de

problemas matemáticos, aunque persisten desafíos relacionados con su fiabilidad y la necesidad de validación final. Para aprovechar plenamente este potencial, es crucial abordar desafíos significativos como la preparación de los docentes, las limitaciones de la infraestructura tecnológica, las preocupaciones éticas sobre la privacidad de los datos y la necesidad de garantizar un acceso equitativo a todas estas herramientas. Las recomendaciones clave se centran en la inversión en sistemas de aprendizaje adaptativo, el desarrollo profesional continuo de los educadores y la construcción de una infraestructura tecnológica sólida.

La irrupción de la inteligencia artificial en la educación universitaria no solo transforma las herramientas disponibles, sino que redefine el papel del docente. Lejos de ser desplazado por la tecnología, el profesor se convierte en un agente clave para garantizar la calidad, la equidad y la intencionalidad pedagógica del proceso educativo. La enseñanza de las matemáticas requiere no solo dominio técnico, sino también el desarrollo de habilidades cognitivas superiores como la abstracción, la argumentación y la resolución de problemas. El docente, en este contexto, debe evitar que la IA se convierta en una fuente de respuestas automáticas y fomentar su uso como herramienta para estimular el pensamiento crítico, la metacognición y la autonomía intelectual. En este nuevo ecosistema, el profesor deja de ser el único transmisor de conocimiento para convertirse en mediador, curador y garante del sentido pedagógico.

En un entorno donde los algoritmos y la IA pueden generar ejercicios, corregir tareas, sugerir rutas de aprendizaje y adaptar contenidos, el docente universitario debe asumir una función más estratégica: la de diseñador de experiencias de aprendizaje significativas y efectivas (aunque en esto ya se venía haciendo especial hincapié mucho antes de la irrupción de la IA en la enseñanza). Esta labor implica seleccionar, contextualizar y mediar los recursos tecnológicos en función de los objetivos formativos, las características del grupo y los principios epistemológicos de la disciplina. De hecho, la IA no puede interpretar el contexto emocional de un grupo, detectar el miedo al fracaso, ni fomentar el pensamiento crítico desde la empatía, por ese motivo el profesor será el único capaz de que integren dicha tecnología sin perder la dimensión humana.

El profesor se convierte también en vigilante ético, para lo que debe cuestionar el uso indiscriminado de algoritmos, alertar sobre sesgos, proteger la privacidad de sus estudiantes y resistir la tentación de delegar completamente el proceso educativo en sistemas automatizados; también debe reflexionar críticamente sobre los riesgos de desigualdad, dependencia tecnológica y pérdida de habilidades cognitivas del alumnado a su cargo.

Y más particularmente la enseñanza matemática, por su carácter abstracto y muchas veces intimidante para gran parte del alumnado, sobre todo en edades

tempranas, requiere muchas veces un acompañamiento emocional, motivación y reforzamiento de la confianza inicial. La IA puede explicar y aplicar un determinado teorema o técnica matemática, pero no puede consolar a un estudiante frustrado ni celebrar como se debe un logro inesperado. Así pues, en este nuevo escenario el docente no es una figura obsoleta, sino más necesaria que nunca. Su rol no se reduce, se transforma: de transmisor a arquitecto del aprendizaje, de evaluador a mentor ético, de guía a resistencia crítica frente a la automatización sin alma. Tal como advierte la literatura especializada, el uso pedagógico de la IA debe estar guiado por principios de justicia, transparencia y responsabilidad social.

La tecnología no debe ser un fin en sí misma, sino una herramienta para mejorar la inteligencia lógico-matemática de los estudiantes —un factor directamente correlacionado con el rendimiento académico— y para redefinir el rol del docente como un facilitador de experiencias de aprendizaje, un mentor y un guía en un entorno educativo cada vez más digitalizado.

Por tanto, el futuro de la enseñanza matemática no dependerá exclusivamente del desarrollo tecnológico, sino de la capacidad del sistema educativo —y de sus actores— para integrar la inteligencia artificial de manera crítica, ética y pedagógicamente significativa, preservando el sentido humanista, ético y transformador de la educación. Solo así será posible construir una educación matemática que combine rigor, innovación y humanidad.

REFERENCIAS

Campillo Herrero P. y Antón Espada R. (2025) Inteligencia artificial en educación: una revisión sistemática. *Miguel Hernández Communication Journal*, 16, 443-465. <https://doi.org/10.21134/Orh1zg17>

Conde-Carmona, R. J. y Padilla-Escorcía, I. A. (2025). La inteligencia artificial en educación matemática: percepciones de futuros docentes sobre expectativas, prácticas y desafíos. *Voces y Silencios. Revista Latinoamericana de Educación*, 16(2), 1-26. <https://doi.org/10.18175/VyS16.2.2025.1>

Duarte, A., Bustillos, D., Hidalgo D., y Mullo, K. (2024). Uso de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos: innovación y mejora del rendimiento académico en la educación superior. *Reincisol*, 3(6), 3573-3593. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)3573-3593](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)3573-3593).

Estrada Tangarife, L. E. (2024). *El impacto de la IA en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria: una revisión crítica*. [Trabajo de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales]. Universidad Nacional de Colombia.

Luzano, J. F. P. (2025). AI-Powered Pedagogies in Mathematics Education: A Systematic Review. *International Journal of Academic Pedagogical Research (IJAPR)*, 8(5), 43-47.

Panqueban D. y Huincahue J. (2024). Inteligencia Artificial en educación matemática: Una revisión sistemática. *Uniciencia*, 38(1), 357-373. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.38-1.20>

Román, G., (2024). El Rol de la IA en la Enseñanza de Matemáticas en Entornos Virtuales. *Reincisol*, 3(6), 2111-2133. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)2111-2133](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)2111-2133)

CAPÍTULO 35

EL EMPRENDIMIENTO CÓMO FACTOR DINAMIZADOR DE UNA EDUCACIÓN SUPERIOR PARA EL FUTURO

PILAR MIGUEL-SIN MONGE*, GEMA RAMÍREZ PACHECO**,
SALVADOR DOMÍNGUEZ GIL**, MARTA ESCOBEDO FERNÁNDEZ**,
JAIME ARMENGOT PARADINAS***, PABLO VILLAREJO FERNÁNDEZ**,
Y MARÍA DE LOS ÁNGELES BENITO PRADILLO**

**Arquitecto; **Universidad Politécnica de Madrid (ETSAM)*

INTRODUCCIÓN

La arquitectura es un sector de actividad cada vez más amplio y transversal, que ha extendido su alcance más allá del hecho edificatorio, hacia otros ámbitos de interés. Estos incluyen desde la construcción de espacios y objetos, físicos o digitales, hasta la generación de sensaciones y experiencias en los usuarios, tangibles e intangibles, pasando por la gestión de estos procesos.

La formación de los futuros arquitectos tradicionalmente se ha centrado en el dominio de las disciplinas técnicas y artísticas inherentes a la profesión, como el diseño, la construcción y la sostenibilidad. Sin embargo, en el contexto actual, el perfil del arquitecto ha evolucionado, y los profesionales deben afrontar nuevos desafíos que van más allá de los límites de la arquitectura o trabajos convencionalmente reconocidos del arquitecto. Por ello, se debe formar a los futuros egresados en competencias tales como las socioemocionales, de liderazgo, de innovación social, de valor social y de gestión emprendedora (García-González et al., 2020), entre otras.

Por tanto, la capacidad para gestionar y liderar proyectos, así como la habilidad para desarrollar estrategias de negocio y emprender en un sector como el inmobiliario son competencias esenciales para asegurar el éxito y la competitividad en un mercado cada vez más dinámico y globalizado. Ante esta realidad, surge la necesidad de introducir el concepto de emprendimiento en la formación de los estudiantes de formación superior, dotándolos de herramientas y conocimientos que les permitan identificar oportunidades de negocio, desarrollar proyectos empresariales y gestionar de manera eficiente recursos, riesgos y oportunidades.

El emprendimiento, entendido de manera simplificada como la capacidad de innovar, gestionar y liderar proyectos, es fundamental en un entorno donde la adaptación y la proactividad son claves para el éxito profesional. Por ello, ante la entrada de nuevos graduados al mercado laboral, la universidad se posiciona como actor clave en el camino hacia una empleabilidad vista como autonomía, como

emprendimiento académico o como empleo remunerado (Benavides-Sánchez et al., 2022).

El emprendimiento en el ámbito de la educación superior se presenta como una competencia transversal precisa para conseguir egresados universitarios de alto impacto. En el ámbito analizado, la capacidad para crear y liderar iniciativas emprendedoras ya sea dentro de la estructura tradicional del estudio de arquitectura, en el marco de los proyectos; o en nuevos ámbitos interdisciplinarios, representa un valor añadido en su carrera profesional y personal.

De hecho, estas competencias constituyen uno de los ejes fundamentales de las habilidades que el profesional debe tener y ser la base para orientar la formación de emprendedores (Ahumada, 2013). Desde la universidad debemos afrontar la responsabilidad de formar futuros profesionales que respondan no solo a las demandas del mercado laboral actual, sino que dispongan, además, de una visión integral que abarque tanto los aspectos creativos y técnicos como los empresariales.

Es fundamental desarrollar modelos de enseñanza que se alejen del modelo tradicional docente, donde primaban las clases magistrales y el alumno pasaba a un segundo plano. En la actualidad, los modelos tienden hacia otros objetivos como son: orientación a la práctica, facilitar el desarrollo humano, promover el autoaprendizaje, desarrollo de nuevas y diversas herramientas de enseñanza, búsqueda de problemas y necesidades sociales, etc. (Saldarriaga y Guzmán, 2018).

La introducción de metodologías de aprendizaje orientadas a fomentar las iniciativas de emprendimiento en planes de estudio cada vez más estancos, resulta en muchos casos compleja y requiere conseguir estimular el aprendizaje experiencial y fortalecer lo curricular referente al emprender incorporando instrumentos de aprendizaje para la adquisición de competencias transversales que complementen su formación técnica y artística. Se da de esta forma respuesta a los planteamientos que vinculan la formación universitaria y la empleabilidad de manera indisoluble.

La configuración de una universidad emprendedora requiere una estrategia integral que aborde tanto las iniciativas emergentes desde abajo como la estrategia basada en recursos desde arriba (Benavides-Sánchez et al., 2022). Para ello se hace necesario centrar la docencia en el aprendizaje experiencial. En este sentido, el estar en posesión de cierta “red social de emprendimiento”, entendida esta como tener conocimiento de otros emprendedores, aumenta notablemente las posibilidades de que las personas emprendan (Blanco et al., 2012). Se puede afirmar, por tanto, que la constatación de que hay compañeros que antes que ellos han elegido un camino diferente del tradicional -creación de un estudio de arquitectura propio, de pequeño tamaño- reduce el margen de frustración al percibir que el mundo laboral es más diverso, y que otras alternativas profesionales no son necesariamente “salirse del camino”, sino más bien “tomar otro camino”.

Dentro de la búsqueda de este cambio, se han realizado estudios donde se ha demostrado que los individuos se sienten atraídos por modelos de roles que pueden ayudarlos a aprender ciertas habilidades, a través del ejemplo y la observación (Cardella et al., 2019). Para identificar nichos de emprendimiento en educación superior, se debe realizar una investigación de mercado, analizar la competencia e identificar oportunidades no satisfechas. Se pueden explorar áreas como educación online especializada, desarrollo de habilidades específicas (ej: pensamiento crítico, inteligencia artificial, etc.) o servicios para estudiantes como tutorías personalizadas, asesoramiento de carrera, o soluciones tecnológicas para la gestión académica.

Por ello, identificarse con nichos de emprendimiento en la educación superior significa reconocer y conectar con áreas específicas de la educación que se alinean con tus intereses y habilidades, y donde puedes aplicar tus conocimientos para crear un negocio o proyecto innovador. Esto implica investigar, explorar y seleccionar un sector donde puedas aportar valor y tener un impacto positivo. Ser competitivo en el mercado laboral, requiere no sólo adquirir conocimiento, sino desarrollar una serie de competencias complementarias que prueben la valía del joven profesional (Silva-Peralta et al., 2022). Se busca con este enfoque contribuir a formar arquitectos que, además de proyectar edificios, puedan identificar oportunidades en el mercado, generar propuestas de valor, y gestionar proyectos desde una perspectiva estratégica, económica y social.

MÉTODO

En este contexto, surge la actividad titulada 7 arquitectos, 7 caminos, como medio para la introducción al emprendimiento empresarial y desarrollo de negocio en los estudiantes de arquitectura. Esta actividad se desarrolla desde el curso 2022-2023 hasta la actualidad (cuatro años consecutivos) en el marco de la asignatura de Arquitectura Legal de Quinto Curso en el Grado de Fundamentos de la Arquitectura la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (Universidad Politécnica de Madrid).

De acuerdo con la Memoria de Verificación (2010) de la citada titulación, la asignatura Arquitectura Legal pertenece al módulo Técnico, submódulo de Construcción. Se trata de una asignatura de 6 ECTS de carácter obligatorio, adscribiéndose al Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas (DCTA). Los conocimientos adquiridos sirven como compendio del conjunto de asignaturas del grado, sirviendo de enlace para la iniciación a la profesión. Se enfatiza en el concepto de competencia profesional, por lo que sirve como base para cursar el Máster en Arquitectura de carácter habilitante.

En el curso 2024-2025, la actividad se ha integrado en el Proyecto de Innovación Educativa: “Dinamización de procesos de emprendimiento mediante el aprendizaje

basado en retos en el ámbito de la enseñanza superior de arquitectura” de la Convocatoria de Proyectos de innovación educativa y mejora de la calidad de la enseñanza 2024-25 organizado por la Universidad Politécnica de Madrid.

El objetivo principal de este artículo es mostrar los resultados de dicha actividad y determinar cómo influye en los futuros egresados. Con ello se pretende presentar a los alumnos alternativas de empleabilidad como medio para que puedan evaluar la aportación que estas iniciativas puedan generar en su desempeño profesional y en la mejora de su propia empleabilidad en el sector de la arquitectura. Por ello, se hace muy necesario identificar nichos de emprendimiento, lo que implica encontrar segmentos específicos del mercado que presentan oportunidades.

RESULTADOS

7 arquitectos, 7 caminos

En lo que a esta investigación se refiere, el emprendimiento o “el emprender” podríamos verlo como la actitud proactiva y resolutive encaminada a identificar oportunidades o ámbitos de interés individual vinculados con las múltiples facetas del perfil del arquitecto; y actuar tras dicha identificación para generar ideas, propuestas alternativas y soluciones, o promover su generación. En el caso de la arquitectura, estas facetas y soluciones van más allá del mero diseño o la estética, e incluyen cuestiones de mayor calado como el debate moral, sobre valores sociales; o cuestiones funcionales, técnicas o tecnológicas.

Por su parte, el espíritu emprendedor se aprecia en el interés o en la proactividad por generar soluciones a problemas del entorno (o, mejor dicho desde la deformación profesional del arquitecto, generar propuestas a percepciones sobre el entorno), generalmente innovadoras, que se adaptan a las necesidades y requerimientos del mercado (buscan un retorno económico monetario o en especie) aprovechando las circunstancias socio-temporales (como la tecnología, las tendencias o la capacidad de colaboración). Aunque a este sentimiento de desarrollo e independencia, de búsqueda de oportunidades y de ideas nuevas, se añade, en muchos casos, la búsqueda de objetivos sociales o políticos (Lozano y Espinoza, 2016).

7 arquitectos, 7 caminos se concibe con un formato de mesa redonda en la que jóvenes egresados de universidades españolas exponen su experiencia en la incorporación al mundo profesional. Hasta el momento han participado diecisiete mujeres y dieciocho hombres, no siendo estable la proporción de presencia de los distintos géneros en cada edición. El segmento “edad” no es representativo en este estudio, puesto que los ponentes son mayoritariamente menores de 30 años, buscándose una representación diversa del espectro profesional con un abanico de posibles perfiles que puede abarcar un arquitecto con su formación. Se prioriza la participación de ponentes jóvenes al ser los profesionales egresados con carrera

profesional enfocada y más cercanos a los alumnos, por lo que estos pueden verse más fácilmente reflejados.

Las conferencias (Figura 1) se desarrollan en formato híbrido desde la Escuela de Arquitectura de Madrid y, aunque se inserta en el programa de la asignatura de Arquitectura Legal, está abierta a todo el alumnado de la escuela. En las cinco ediciones que ha tenido la iniciativa, se ha contado con profesionales ejercientes por cuenta propia, por cuenta ajena en el marco de estudios de diferente tamaño, grandes consultoras o empresas internacionales y vinculados o no a desempeños ligados a competencias reguladas, e incluso docencia.

Figura 1. Carteles ediciones 7 arq 7 cam

Conversaciones del DC TA

7 ARQUITECTOS, 7 CAMINOS

II EDICIÓN

15 de marzo
10:30h
Sala de Conferencias, ETSAM

7 antiguos alumnos de la ETSAM (UPM)

SALIDAS PROFESIONALES DEL ARQUITECTO DE HOY

1. AMAZON: Rocío Lomas Davila
2. MAKE ME GROW: Natalia Izquierdo
3. LANDCO: María Lozano Marques
4. FOTOGRAFIA: Javier Bravo
5. ISS: Alba Marin Asensio
6. HOMEESTUDIO: María Mancera, María Ormazabal
7. ALKENY: Pablo Amador

III EDICIÓN

13 de marzo
10:30h
Sala de Conferencias, ETSAM 2024

SALIDAS PROFESIONALES DEL ARQUITECTO DE HOY

1. HEXAGONO BLANCO: Diana Martín
2. BOSTON CONSULTING GROUP: Clara De Lapuerta
3. SOCOTEC: Salvador Quiroga
4. AKBRIA: Jacint Rosillo
5. BANCO SANTANDER: Carlos Grande
6. ACCIONA INMOBILIARIA: Teresa Pastor
7. KURAMAE: Adria Jimeno

IV EDICIÓN

6 DE NOVIEMBRE
10:30h
Sala de Actos, Planta 0, ETSAM 2024

SALIDAS PROFESIONALES DEL ARQUITECTO DE HOY

1. TURNER & TOWSEND: Cecilia Hidalgo Romero
2. SOCOTEC: Miguel José Ruiz
3. FUNDACION ARQUITECTURA Y SOCIEDAD: Irene de la Red
4. MOCA ESTUDIO: Natalia Sánchez
5. PATRICIA SE: Miguel Ángel Muñoz
6. SOCOTEC: María Latorre
7. MINISTERIO DE HACIENDA: María Lozano

V EDICIÓN

8 DE OCTUBRE
10:30h
Sala de Conferencias, Planta 3, ETSAM 2025

SALIDAS PROFESIONALES DEL ARQUITECTO DE HOY

1. MODELICAL: Gorka Paredes
2. SOCOTEC: Camila Sorente
3. ALKENY: Pablo Amador
4. BA-RIQ: Jorge Plazas
5. CINE YELMO: Rafael Sánchez
6. Instituto Europeo de Design: Miguel Ángel Tascón
7. AECOM: María Sacristeán

La gran mayoría de los participantes son antiguos alumnos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, si bien hay participantes que han estudiado en otras escuelas del país. De entre todos ellos, hasta el momento, se han representado sectores muy diversos como son:

- Estudios de Arquitectura: arquitectas que han creado su propia firma de arquitectura, y cuentan la experiencia desde cero. También arquitectos que trabajan en estudios de arquitectura internacionales, otros que han desarrollado su profesión en el mundo de la escenografía.

- Ingenierías: profesionales que se han especializado en el cálculo de estructuras.

- Oficinas de construcción “llave en mano”: proyecto y ejecución de obras, a la búsqueda de un modelo de negocio alternativo, orientado a satisfacer las necesidades de un determinado tipo de cliente.

- Marketing y comunicación en arquitectura: creación de servicios para los arquitectos, desde los propios arquitectos.

- Fotografía de arquitectura: como en el caso anterior, arquitectos al servicio de los arquitectos

- Ilustraciones y artesanía: explotación de la sensibilidad artística y enfoque en otras áreas de la creatividad

- Consultorías de Real Estate: con perfiles diversos, desde valoración inmobiliaria, a consultoría BIM o desarrollo de proyectos de arquitectura como Project Manager, gestión de inmuebles como Facility Manager o Asset Manager, hasta desarrollo de negocio con labores de consultoría estratégica y gestión de suelo. También destaca el perfil de consultor en sostenibilidad.

- Corporativo; con perfiles desde la arquitectura de datos a la consultoría estratégica en la propia empresa.

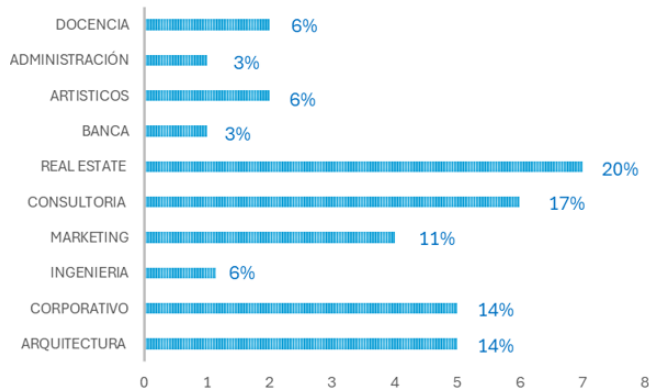
- Docencia: en universidades públicas y privadas.

- Empresas bancarias: ejerciendo como arquitectos de datos.

- Administración: arquitecto de Hacienda.

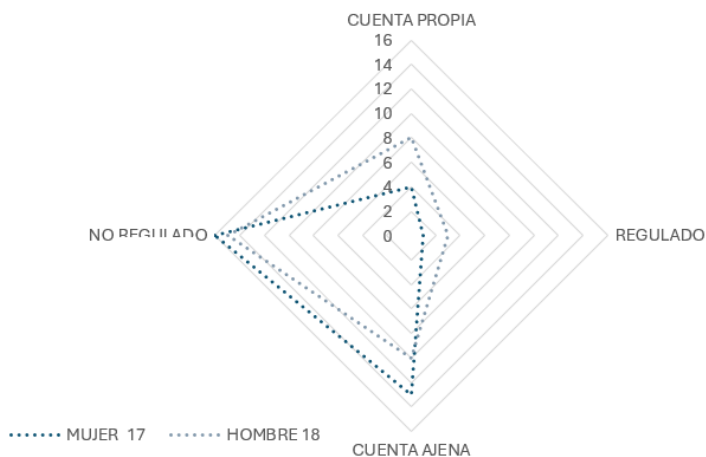
En la siguiente figura (Figura 2) se muestra el número de participantes por sector y el porcentaje de estos respecto al total de los ponentes. Si bien la muestra es relativamente pequeña para el groso de profesionales de la arquitectura, se puede ver que predomina el sector del Real Estate que, como hemos visto, engloba muy diversos perfiles dentro del contexto global de las inversiones inmobiliarias. Le sigue de cerca el sector de la Consultoría en primer lugar, y el Corporativo y Arquitectura en segundo.

Figura 2. Cuantificación de ponentes por sector



La Arquitectura es una profesión regulada, y para ejercerla se tiene que obtener un título. Pero la formación en Arquitectura no es excluyente: al contrario, es una formación completa y versátil, como ponen de manifiesto los diferentes ponentes. De hecho, de los ponentes que trabajaban por cuenta propia (Figura 3), únicamente una mujer y tres hombres cuentan con profesiones directamente relacionadas con la profesión regulada de la arquitectura. El resto no ejercen profesiones reguladas; empresas de fotografía y de organización de eventos y venta de cerámica. Si bien se trata de salidas profesionales que están muy ligadas a los conocimientos y enseñanzas que se obtienen en las escuelas de arquitectura; cuestiones creativas y artísticas y de resolución de problemas y organización.

Figura 3. Caracterización de ponentes por género y actividad



En lo referente a las competencias reguladas, dentro de las preguntas hechas a los ponentes, es reseñable la preocupación de los alumnos sobre la necesidad o utilidad de realizar el Máster Habilitante en Arquitectura, último paso para poder ejercer la arquitectura como proyectista. Parte de los ponentes no han realizado el Máster Habilitante, lo que les da a los alumnos otra visión de las posibilidades de la profesión. Aunque es cierto que los participantes que habían cursado el Máster recomendaban hacerlo, consideraban que dicha formación permitía ampliar las posibilidades profesionales, dado que algunos ámbitos de la arquitectura requieren esa habilitación para poder ejercer.

También han surgido preguntas como: ¿Qué le dirías a tu yo del pasado? A lo que el ponente respondió que era necesario eliminar prejuicios, descubrir otros caminos para viabilizar nuevas puertas para, finalmente, reconocer cuál es tu camino. Es necesario hacerse las preguntas adecuadas, qué se sabe con certeza que no se quiere hacer, y quién sabe lo que quiere hacer. Para ello es fundamental disponer de un bagaje respecto de lo que se valora en las empresas, los sectores tradicionales y los nuevos, en definitiva, de lo que implica salir al mundo profesional y emprender. Este tipo de actividades dentro del seno de la universidad son de gran ayuda para poder dar respuesta a esas preguntas.

Entre los factores que influyen o pueden influir en la apreciación de este tipo de actividad, encontramos:

- La experiencia y conocimiento; cuanta más cercanía y conocimiento tiene el estudiante con el emprendimiento, más positiva es su percepción hacia él.

- Motivaciones; los estudiantes pueden emprender tanto por necesidad (de cara a generar ingresos) como por la oportunidad de desarrollar una innovación. El comportamiento de un emprendedor va de la mano con la innovación, crear productos con un valor agregado y conseguir sus objetivos y metas personales y profesionales (Padilla et al., 2019).

- Impacto educativo; la educación superior es vista como un medio fundamental para que los alumnos desarrollen las habilidades necesarias para emprender y llevar sus ideas a la práctica.

- Conocimiento práctico; sobre estrategias para la sostenibilidad de posibles proyectos de emprendimiento. El conocimiento empresarial cobra mucha importancia en esta etapa, ya que posibilita el desarrollo de habilidades y competencias necesarias para la gestión de planes de negocio, planificación estratégica, conocimiento de tendencias, finanzas, así como cuestiones legales (Mugno-Noriega et al., 2024). Esto se traduce en más seguridad para poder emprender.

- Conexión con el mundo real; es importante que la educación superior establezca nexos universidad-empresa. Con esto, los alumnos pueden aprender de primera mano

qué es lo que se les requiere a los futuros egresados en el mundo empresarial, qué competencias son las más valoradas.

La apreciación de los alumnos de educación superior hacia el emprendimiento es, en general, positiva. Se percibe como una actividad muy acorde a las necesidades de la profesión en la actualidad. La actividad ha fomentado su confianza en su capacidad de emprender, aunque no siempre se traduce en un aumento de la intención inmediata de hacerlo.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

Durante muchas décadas, la enseñanza de arquitectura se ha limitado a lo que se concebía como la práctica tradicional de esta; un estudio de arquitectura donde se proyecta y se construye. Sin embargo, con los cambios que están aconteciendo en lo referente a las tecnologías, las formas de inversión, cambios sociales, etc., unido al auge de egresados, en los últimos años el “trabajo del arquitecto” ha tomado otros matices.

Aunque aún queda mucho camino por recorrer en lo que a educación en emprendimiento se refiere, existen numerosos estudios que reflejan cambios positivos en la actitud de emprender de alumnos que recibieron este tipo de educación (Silva-Peralta et al., 2022). La educación en emprendimiento no queda exenta de la de las competencias socioemocionales que se les exigen a los egresados en la actualidad. Educar en emprendimiento no queda relegado al ámbito profesional, si no que incide también en el personal, en la realización personal, social y económica. Por ello, la formación en emprendimiento no debe ir separada de otras estrategias de desarrollo de competencias socioemocionales. Lo uno se nutre de lo otro, y ambos, de manera conjunta, son fundamentales para el futuro profesional y personal del alumno.

Dentro de las distintas habilidades sociales o competencias socioemocionales, esta actividad es especialmente impulsora de las competencias en comunicación en tanto que fomenta el discurso académico. Esto es, mediante la presentación de casos de éxito de emprendedores, se les muestra a los alumnos que el emprendimiento es una opción viable, en todas las formas posibles, se les presentan casos reales, y resultan en una fuente de inspiración. Además, fomenta la creatividad, el pensamiento crítico y la motivación para buscar soluciones a problemas sociales.

De hecho, el abanico de propuestas e iniciativas emprendedoras demuestra que algo está cambiando en la profesión: el arquitecto ya no es una persona que sigue un plan prediseñado de forma genérica. Por el contrario, cada vez son más los egresados que deciden cuál es el camino que quieren seguir en su desempeño profesional: y si el camino no existe, se lo inventan. Hoy en día, existen tantas formas de ejercer la profesión de arquitecto como profesionales hay.

Esto se está empezando a hacer patente también en las universidades. Sin embargo, el cambio ha empezado por los másteres de especialización (desde temas más tradicionales como son los propiamente técnicos, hasta otros que tratan la sostenibilidad o incluso la dirección de empresas). Este cambio no ha sido tan claro en el grado. Por ello consideramos que esta iniciativa ha sido una intervención idónea para los alumnos de grado, que están ya en los últimos años de su formación y que comienzan a plantearse hacia dónde quieren dirigir su profesión. La valoración de esta actividad es muy positiva, tanto por parte del alumnado como de los propios ponentes.

La asignatura de Arquitectura Legal tiene entre sus objetivos mostrar a los alumnos la realidad profesional, a través de esta actividad el alumno toma conciencia de que esa realidad es tan extensa como se quiera plantear cada uno.

En este contexto, la frase “me gustaba hacer cosas bonitas” resume el espíritu de estos cinco años celebrando 7^o arquitectos: una mirada plural sobre la profesión que revela como la formación en Arquitectura, sustentada en la creatividad y la búsqueda de soluciones, incide de manera significativa en la vida de las personas. El arquitecto disfruta del caos, su medio son los problemas a solucionar, mentes inquietas por naturaleza que no se contentan con lo que se les plantea.

Por ello, “ser arquitecto” se trata de una profesión amplia, compleja y apasionante que requiere una visión holística de múltiples factores. Permite desarrollar múltiples competencias entre las que podríamos destacar:

- La capacidad de asimilar y aprender de muchas fuentes distintas
- La capacidad de relacionarse, coexistir e integrarse en un conjunto variado de agentes reconociendo la globalidad del problema
- La capacidad del cambio de escala con destreza para evaluar el detalle, pero reconociendo todo un ecosistema
- La capacidad de solucionar problemas de manera creativa
- La resiliencia al cambio
- La resistencia al esfuerzo y perseverancia en la persecución del buen resultado
- La proactividad

Son competencias globales y permeables que se precisan en múltiples contextos. Ante este medio, el alumno interioriza el emprendimiento como una herramienta que le permite la creación de valor en un diverso y variable ámbito profesional. El diseño, la psicología, la empresa, la gestión, lo formal, lo social, se integran en modelos de negocio donde se tejen redes de colaboración de gran interés. El alumno se enfrenta ante la necesidad, pero también a la oportunidad, de un proceso de autoconocimiento que le permita visibilizar sus propias capacidades y preferencias personales como valores diferenciales como generadores de oportunidades. Se trata de una inversión

personal donde no cerrar caminos, realmente nos presente aquel donde consigamos “hacer cosas bonitas”.

REFERENCIAS

- Ahumada, L.S. (2013). Las competencias aplicadas al emprendimiento. *Escenarios*, 11(1), 44–56.
- Benavides-Sánchez, E.A., Castro, C.A., y Brand, M.A. (2022). Programas de emprendimiento en instituciones de educación superior: Un estudio comparativo de factores clave. *Revista Escuela de Administración y Negocios*, 93. <https://doi.org/10.21158/01208160.n93.2022.3637>
- Blanco, A., Mercado, C., y Prado, A. (2012). Perfil y motivación de la juventud. *Revista de Estudios de Juventud*, 99, 23–34.
- Cardella, G., Sánchez, J.C., y Hernández, B. (2019). Los modelos de rol como antecedente de la intención emprendedora: Un estudio con universitarios españoles. En *Emprendimiento e innovación: Oportunidades para todos* (pp. 55–60). <https://doi.org/978-84-1324-379-5>
- García-González, A., Ramírez-Montoya, M.S., De León, G., y Aragón, S. (2020). El emprendimiento social como una competencia transversal: Construcción y validación de un instrumento de valoración en el contexto universitario. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, 1–16. <https://doi.org/10.5209/reve.71862>
- Lozano, L.A. y Espinoza, M.F. (2016). Espíritu emprendedor: Actitud de cambio para la innovación y emprendimiento. *Revista de Ciencia e Investigación*, 1(4), 31–35.
- Mugno-Noriega, A.E., Pérez-Paredes, A., y Landazury-Villalba, L.F. (2024). Perspectivas emprendedoras: Análisis de los factores asociados a las intenciones de emprendimiento en estudiantes universitarios. *Gestio et Productio. Revista Electrónica de Ciencias Gerenciales*, 6(11), 306–326. <https://doi.org/10.35381/gep.v6i11.193>
- Padilla, M.P., Loor, E.L., y Guamanquispe, T.M. (2019). Análisis del emprendimiento universitario desde la perspectiva de la Universidad Pública: Caso Facultad de Ciencias Administrativas. *Ciencia Digital*, 3(2), 43–59. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v9i2.374>
- Saldarriaga, M.E. y Guzmán, M.F. (2018). Enseñanza del emprendimiento en la educación superior: ¿Metodología o modelo? *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 85. <https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2054>
- Silva-Peralta, Y., Rompató, M.E., Pesce, N., Tassier, D., y Castaño, A. (2022, agosto). Estrategias de fomento al emprendimiento en la educación superior: Un análisis desde la perspectiva de estudiantes de pregrado universitarios. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 21(46). <http://dx.doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n46.2022.018>

CAPÍTULO 36

PERCEPCIÓN ESTUDIANTIL: METODOLOGÍAS TRADICIONALES VS. WOOLAP EN QUÍMICA ANALÍTICA

ANA LOBO PRIETO*, NOELIA TENA PAJUELO**,
Y MARÍA TERESA MORALES MILLÁN**

**Universidad de Sevilla; **Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla*

INTRODUCCIÓN

La disminución en la asistencia a clase por parte del estudiante universitario se ha convertido en una preocupación creciente para las instituciones de educación superior, ya que afecta directamente al rendimiento académico y a la calidad del proceso formativo. El absentismo universitario responde a múltiples causas, como el estrés académico (Moreno et al., 2011; Pascoe et al., 2020), la falta de motivación y la percepción de clases poco dinámicas (Gil-Galván, 2021). No obstante, numerosos estudios atribuyen el mayor peso a la metodología docente aplicada, determinándolo como uno de los factores más influyentes en el absentismo universitario (Vargas la Torre et al., 2022). La repetición de esquemas expositivos, la escasa interacción y la falta de aplicación práctica del conocimiento generan una experiencia de aula poco estimulante, lo que lleva a muchos estudiantes a priorizar el estudio autónomo o el consumo de recursos online (López-Alegría, 2023). En este sentido, la asistencia deja de percibirse como una oportunidad de aprendizaje activo y se convierte en una obligación prescindible, especialmente cuando no está vinculada a la evaluación o al desarrollo de competencias prácticas. Esta tendencia plantea un desafío importante para el profesorado, que deben repensar y adaptar sus estrategias didácticas con el fin de fortalecer el valor formativo de la presencialidad.

Durante los últimos años, la evolución digital ha traído consigo una amplia gama de herramientas tecnológicas (Tecnologías de la Información y la Comunicación-TIC) que no solo facilitan el acceso a la información, sino que también permiten implementar metodologías de enseñanza más dinámicas, interactivas y centradas en el estudiante. En este nuevo escenario educativo, el uso de diversas herramientas tecnológicas contribuye significativamente a incrementar la motivación del alumnado, enriquecer su proceso de aprendizaje y favorecer la asistencia a clase (Mayorga-Ases et al., 2024; Wang et al., 2020). Entre estas tecnologías, se encuentran algunas herramientas interactivas como Kahoot! y Wooclap. Ambas son plataformas digitales que permiten crear cuestionarios interactivos, donde los alumnos responden en tiempo real desde sus dispositivos. La diferencia principal entre estas dos herramientas es la variedad de preguntas que puede utilizar cada una, mientras

Kahoot! utiliza preguntas tipo test principalmente, Wooclap ofrece una variedad de formatos de cuestiones más amplia. Además, estas herramientas permiten ser utilizadas tanto de forma independiente por el estudiante, favoreciendo el desarrollo autónomo del conocimiento, como en clases en vivo para captar su atención y evaluar su comprensión de manera dinámica y efectiva para el docente. Estas herramientas digitales han demostrado ser eficaces para fomentar la participación activa y mejorar la motivación de los estudiantes de enseñanzas superiores (Soto-Martínez et al., 2024). Por ejemplo, el uso de Kahoot! en educación superior ha mostrado un impacto positivo en la motivación (Alcívar-Lucas y Alcívar-Lucas, 2025). Wooclap, por su parte, ofrece una interacción bidireccional más adaptada al entorno universitario por la diversidad en el formato de pregunta, permitiendo una participación más profunda y evaluaciones en tiempo real (Alvares-Fuentes y Martín-Banderas, 2022). Estas estrategias innovadoras no solo buscan revertir la tendencia al absentismo, sino también transformar la asistencia en una oportunidad de aprendizaje significativo.

La implementación de herramientas digitales como Wooclap en entornos universitarios ha sido objeto de estudio principalmente para analizar su impacto en el rendimiento académico y la adquisición de conocimientos. Diversas investigaciones han demostrado que estas plataformas interactivas pueden mejorar la motivación y la participación del alumnado, contribuyendo a un aprendizaje más activo y dinámico (Ramos et al., 2024). Sin embargo, aún existe una necesidad evidente de profundizar en estudios que valoren la percepción del estudiante sobre la integración de estas herramientas, así como sus experiencias y opiniones en comparación con los métodos tradicionales basados en clases magistrales. Comprender estas percepciones resulta esencial para diseñar estrategias pedagógicas que no solo optimicen el aprendizaje, sino que también respondan a las expectativas y preferencias del estudiantado.

En este contexto, la hipótesis central de este trabajo plantea que el absentismo y la escasa participación del estudiantado están estrechamente vinculados con el tipo de metodología docente empleada en el aula. Se considera que las estrategias tradicionales, centradas en la exposición unidireccional de contenidos, pueden generar desinterés y desconexión por parte del alumnado. En este sentido, se considera que la incorporación de herramientas digitales contribuiría significativamente a mejorar la asistencia, incrementar la motivación y favorecer un aprendizaje más activo y significativo.

El objetivo central del estudio es obtener retroalimentación por parte del estudiantado, valorando su percepción sobre la implementación de Wooclap en clase, tanto desde un punto de vista formativo como participativo. Asimismo, valorar la opinión de los estudiantes sobre la metodología docente convencional, basada en clases magistrales, y la combinación de ésta con diferentes actividades y ejemplos para favorecer el grado de participación y dinamización de las clases. Para alcanzar

este objetivo, se ha adaptado la metodología de enseñanza teórica mediante el uso de una herramienta digital interactiva en una asignatura optativa de tercer curso del Grado en Química de la Universidad de Sevilla, donde se detectó un alto grado de absentismo y desmotivación en el alumnado de cursos anteriores.

Para alcanzar este objetivo general, se plantearon diferentes objetivos específicos:

- Evaluar la percepción del alumno sobre el uso de las clases magistrales para el desarrollo de temas teóricos.
- Evaluar la percepción del alumno sobre el uso de la herramienta Wooclap como agente dinamizador de las clases expositivas.
- Conocer la opinión del alumnado acerca de su grado de participación, motivación e implicación en metodologías docentes que promueven la participación.

MÉTODO

Uso de la herramienta digital interactiva Wooclap en la enseñanza teórica de la asignatura optativa “Control de Calidad en el Laboratorio” de tercer curso del Grado en Química de la Universidad de Sevilla.

Participantes

El equipo docente estaba integrado por profesorado del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla con experiencia en el diseño y ejecución de proyectos de innovación educativa. El equipo de trabajo contó con dos profesores de teoría y dos profesores que llevaron a cabo las prácticas de la asignatura.

El estudio contó con la participación de 75 estudiantes matriculados durante el curso académico. El perfil del alumnado era estudiantes de tercer curso del Grado en Química, lo que implica que se encuentran en una etapa avanzada de su formación universitaria y poseen experiencia previa en asignaturas fundamentales. Esta característica es relevante, ya que permite evaluar la percepción de herramientas innovadoras como Wooclap en un contexto donde los estudiantes ya han estado expuestos a metodologías tradicionales.

Instrumentos

Este proyecto utilizó como herramienta interactiva educativa la aplicación gratuita y en línea, promocionada por la US, Wooclap. Esta herramienta permite a los docentes dinamizar el aprendizaje mediante cuestionarios interactivos. Los estudiantes participan respondiendo desde sus dispositivos móviles u ordenadores, y las respuestas se reflejan al instante, promoviendo una experiencia colaborativa y estimulante en el aula. Además, permite al docente identificar si el contenido ha sido entendido correctamente por parte del estudiante.

Múltiples fueron las ventajas detectadas para elegir el uso de esta herramienta digital, Wooclap, frente a otras de aplicabilidad similar. Entre ellas, las ventajas a destacar fueron su interactividad en tiempo real, que fomenta una participación activa y continua de los estudiantes, y su diseño gamificado, que incrementa la motivación y el feedback inmediato, permitiendo a los docentes ajustar la enseñanza sobre la marcha (Soto-Martinez et al., 2024).

Procedimiento

El procedimiento para alcanzar los objetivos propuestos se dividió en varias etapas:

- Reunión previa del equipo docente: Con el fin de establecer la estrategia de implantación de la herramienta Wooclap en las clases magistrales, se llevaron a cabo reuniones del personal docente implicado. Tras varias sesiones de debate, basadas en la experiencia del personal docente y la bibliografía encontrada, los profesores implicados en la asignatura diseñaron una planificación docente que alternase la aplicación de Wooclap y el sistema de enseñanza tradicional. Se diseñó una estrategia basada en la aplicación de los cuestionarios Wooclap al finalizar cada tema de contenido incluido en el proyecto docente.

Se evaluó la posibilidad de incluir la participación en la actividad como un porcentaje de la nota final, lo que tras debate del equipo docente fue descartado para mantener el carácter opcional y evaluar la persistencia e interés en la realización de la propuesta.

- Desarrollo del material a utilizar: Se estableció el uso de los diversos formatos de preguntas que ofrece Wooclap, para así poder variar la forma de interactuar con los alumnos. Cada profesor desarrolló un mínimo de diez preguntas por tema, que fueron puestos en común para la selección de las más apropiadas. Finalmente, se contó con 17 temas de contenido asociado a 17 cuestionarios Wooclap diferentes, que como se ha indicado anteriormente, serán implementados en clase después de la finalización de cada tema.

Además, se diseñaron 2 tipos de encuestas para el alumnado. Una primera encuesta, previa a la implementación de la herramienta digital en el aula, orientada a recopilar información sobre el perfil del estudiante y su percepción respecto a las clases magistrales y los sistemas de evaluación continua. Esta encuesta tuvo como objetivo analizar la valoración del alumnado sobre diferentes estrategias docentes que incorporan actividades para fomentar la participación dentro del marco de la metodología tradicional. Y una segunda encuesta, que fue diseñada para su aplicación después de la implementación de Wooclap en clase, y estaba enfocada a recabar información sobre la percepción de los alumnos sobre el impacto de Wooclap en su aprendizaje, la adquisición de contenidos y la facilidad para entender la materia, así

como para valorar sus impresiones y la repercusión en la asistencia a clase y participación, en comparación con el uso de una metodología de enseñanza convencional.

- Encuesta previa a los estudiantes: Al comenzar la asignatura se realizó la encuesta previa diseñada por el equipo docente. Para ello, se utilizó la herramienta digital Google forms.

La encuesta previa constó de las siguientes preguntas:

¿Es la primera vez que cursas esta asignatura? Respuesta: Si, no.

Las clases magistrales (presentación con explicaciones del profesor) me ayudan a estudiar.

Soy capaz de mantener la atención en una clase magistral sin apenas distracciones.

Durante una clase magistral, me gustan las preguntas del profesor para mantenerme atento.

Durante una clase magistral, me gusta que se utilicen ejemplos con aplicaciones reales, así entiendo mejor los contenidos que se explican.

Me gusta participar activamente en clase.

Responder preguntas que presenta el profesor o realizar actividades prácticas me ayuda a evaluar si estoy comprendiendo lo impartido.

Obtener retroalimentación del profesor y mis compañeros me ayuda a aprender más fácilmente.

Respuestas preguntas 2 a 8: 1 (Nada de acuerdo), 2 (Poco de acuerdo), 3 (Algo de acuerdo), 4 (Bastante de acuerdo), 5 (Muy de acuerdo).

- Implementación de Wooclap en clase: Siguiendo las consideraciones anteriormente descritas, Wooclap fue aplicado en clase al finalizar cada tema de contenido. El profesor mostraba el evento en clase, al que los alumnos debían acceder a través de sus dispositivos, móviles u ordenadores. El profesor moderaba el evento, dando un minuto para la respuesta de cada pregunta y evaluando el resultado final. Cuando el docente detectaba que una pregunta había sido mal contestada por un 30 % o más de los alumnos, explicaba el porqué de su error, haciendo énfasis en la respuesta correcta.

- Encuesta final: La encuesta final fue diseñada por el equipo docente para ser implementada posteriormente, tras la implementación y uso de Wooclap al finalizar cada tema. Las cuestiones de la encuesta se enfocaron en recabar información sobre el efecto y la percepción de los alumnos sobre su.

La encuesta final constó de las siguientes preguntas:

El uso de Wooclap me parece ameno y divertido.

El uso de Wooclap al final de cada tema me ayuda a afianzar los conocimientos que vemos en clase.

El uso de Wooclap me ayuda a consolidar y entender mejor los conceptos, identificando los aspectos más relevantes del tema.

El uso de Wooclap ha favorecido el seguimiento del tema teórico.

El uso de Wooclap ha favorecido mi participación en clase y mi asistencia.

¿Recomendarías utilizar Wooclap en otras asignaturas frente al sistema tradicional (solo clases magistrales)?

Respuestas: 1 (Nada de acuerdo), 2 (Poco de acuerdo), 3 (Algo de acuerdo), 4 (Bastante de acuerdo), 5 (Muy de acuerdo).

- Análisis de datos: Los resultados obtenidos se fundamentaron en el análisis de los datos recogidos mediante las encuestas realizadas por los alumnos en dos momentos clave del estudio: antes de iniciar el proyecto y al finalizarlo. La encuesta inicial permitió conocer la percepción de los estudiantes sobre la metodología docente tradicional basada en clases magistrales y el sistema de evaluación continua. En contraste, la encuesta final, aplicada tras la implementación de la herramienta digital Wooclap en el aula, ofreció información sobre cómo los alumnos perciben el impacto de esta herramienta en su rendimiento académico, la adquisición de conocimientos, la dinamización de las clases y su influencia en la participación y asistencia.

RESULTADOS

La evaluación de los objetivos alcanzados se ha llevado a cabo mediante el análisis de los resultados de las encuestas de percepción del alumnado antes y después del proyecto. Las encuestas fueron rellenadas por los estudiantes de forma anónima. El número de respuestas fue menor al de estudiantes matriculados: la asignatura tiene 75 matriculados y el número de encuestas realizadas fue 64. Sin embargo, el mismo número de alumnos realizó las encuestas previas y posteriores (64 alumnos).

Los resultados obtenidos en la encuesta previa fueron los siguientes: En primer lugar, el 100% de alumnos sometidos a la encuesta previa fueron de primera matrícula, es decir, era la primera vez que cursaban la asignatura (Pregunta 1).

Los resultados obtenidos en las preguntas 2 a 8 del cuestionario previo permitieron analizar la opinión del alumnado sobre las clases magistrales. Con el fin de conocer la percepción de los estudiantes acerca de distintas estrategias para dinamizar la clase sin recurrir a herramientas digitales, se incluyeron preguntas orientadas a evaluar la efectividad de actividades prácticas y el uso de ejemplos aplicados. Los resultados se muestran en la Figura 1 y son enumerados a continuación:

- Pregunta 2: El 51,6% de los alumnos consideraron que las clases magistrales les ayuda bastante a estudiar y tan solo un 3,2% aseguraron que tan solo les ayuda nada o un poco.

- Pregunta 3: Tan solo el 39,9% de los alumnos consideraron que pueden mantener la atención en las clases magistrales sin apenas distracciones, mientras que el 60,1% respondió que se encontraban algo, poco o nada de acuerdo (Figura 1).

- Pregunta 4: El 56,2% de los alumnos está “bastante o muy de acuerdo” en que el uso de preguntas por parte del docente durante las clases magistrales le ayuda a mantener más atención en el desarrollo de la clase, mientras que el 43,8% consideró que estaba “algo o poco de acuerdo”. Ninguno de los alumnos mostró total desacuerdo en esta afirmación.

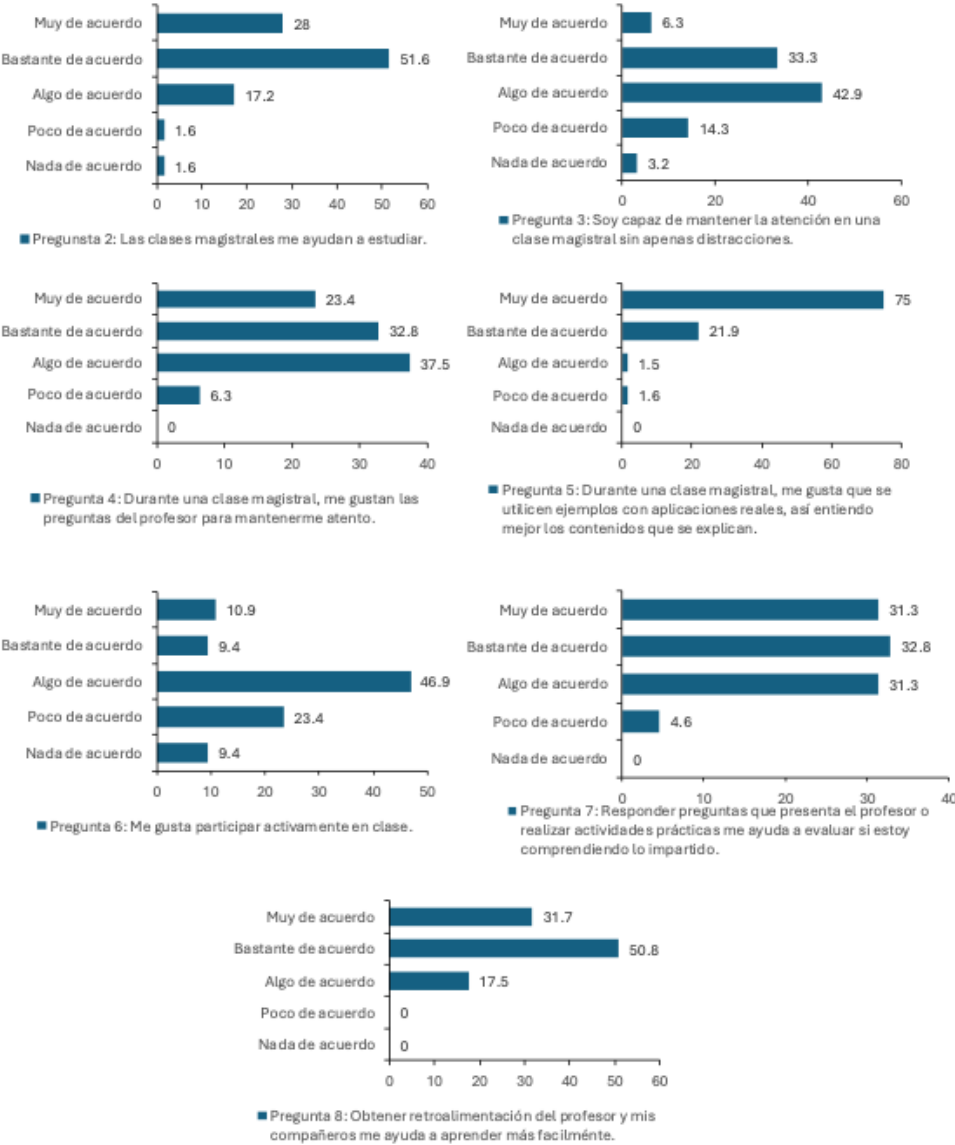
- Pregunta 5: En cuanto al uso de ejemplos con aplicaciones reales por parte del profesor para ilustrar y entender mejor los conceptos que se exponen en clase, el 75% de los alumnos se mostraron muy de acuerdo en la afirmación. Tan solo el 1,6% de los alumnos se encuentra poco de acuerdo.

- Pregunta 6: Respecto a la afirmación sobre la participación en clase, los resultados mostraron una distribución bastante equilibrada entre las diferentes opciones de respuesta. La mayoría de los alumnos se situó en una posición intermedia, con un 46,9% seleccionando la opción “algo de acuerdo”. Si se agrupan las respuestas extremas, considerando las opciones 1 y 2 (nada y poco de acuerdo) como indicativas de que los estudiantes prefieren no participar en clase, y las opciones 4 y 5 (bastante y muy de acuerdo) como reflejo de una preferencia por participar activamente, se obtienen porcentajes del 32,8% y 20,3%, respectivamente.

- Pregunta 7: Más del 64% se ubica en las categorías “bastante” y “muy de acuerdo”, lo que refleja que la mayoría valora significativamente el uso de actividades prácticas para evaluar su conocimiento del contenido impartido, y por lo tanto valora el uso de estas estrategias como herramientas para el aprendizaje. Solo un 4,6% está “poco de acuerdo” y ningún estudiante seleccionó “nada de acuerdo” (Figura 1).

- Pregunta 8: Un 82,5% (suma de “bastante” y “muy de acuerdo”) considera que la retroalimentación del profesor y compañeros facilita significativamente el aprendizaje. No se registraron respuestas en “poco” ni “nada de acuerdo”, lo que confirma que no existe oposición a esta práctica.

Figura 1. Resultados obtenidos para las preguntas 2 a 8 de la encuesta previa. Cada figura representa una pregunta o afirmación contenida en el cuestionario previo, se muestra porcentaje de alumnos por respuesta



Los resultados de las preguntas 9 a la 12 evaluaron la percepción de los estudiantes sobre el sistema de evaluación continua frente al examen único final, abordando diferentes dimensiones.

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2 y se describen a continuación:

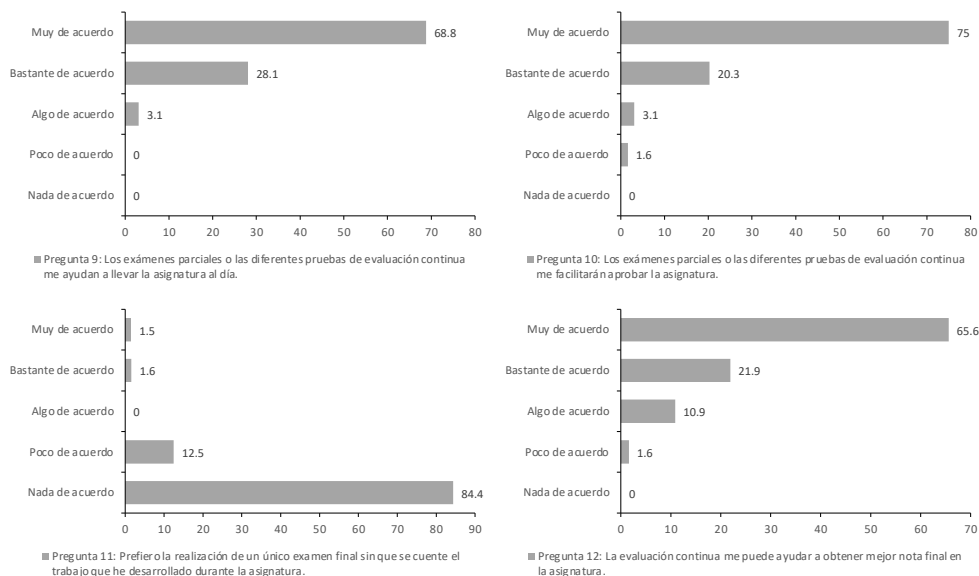
- Pregunta 9: El 100% de los estudiantes está de acuerdo en algún grado con que la evaluación continua es una herramienta eficaz para mantener la asignatura al día. Un 96,9% (suma de “muy” y “bastante de acuerdo”) considera que los exámenes parciales y pruebas continuas son altamente útiles para organizar el estudio. Por el contrario, no se registraron respuestas en “poco” ni “nada de acuerdo” (Figura 2).

- Pregunta 10: El 98,4% de los estudiantes está de acuerdo en algún grado con la afirmación de que la evaluación continua es una estrategia que facilita aprobar la asignatura, mientras que tan solo se registraron un 1,6% de respuestas “poco de acuerdo” y no hubo respuestas en “nada de acuerdo”.

- Pregunta 11: El 96,9% de los estudiantes (sumando “nada” y “poco de acuerdo”) no está a favor de sustituir la evaluación continua por un único examen final.

- Pregunta 12: Un 87,5% (suma de “muy” y “bastante de acuerdo”) considera que la evaluación continua tiene un impacto positivo significativo en la nota final. Solo un 1,6% está “poco de acuerdo” y no hay respuestas en “nada de acuerdo” (Figura 2).

Figura 2. Resultados obtenidos para las preguntas 9 a la 12 de la encuesta previa. Cada figura representa una pregunta o afirmación contenida en el cuestionario previo, se muestra porcentaje de alumnos por respuesta



A partir de la información obtenida en la encuesta inicial, se procedió a analizar la actividad docente tras la implementación de Wooclap en el aula.

Los resultados obtenidos en la encuesta final se muestran en la Figura 3 y fueron los siguientes:

- Pregunta 13: Un 92% (suma de “muy” y “bastante de acuerdo”) considera que el uso de Wooclap hace la clase más amena y divertida, por el contrario, tan solo un 2% está “poco de acuerdo” y no hay respuestas en “nada de acuerdo”.

- Pregunta 14: Se registraron un 91% de respuestas en la suma de “muy” y “bastante de acuerdo”, lo que indica que la opinión de los estudiantes es que Wooclap contribuye significativamente a consolidar el aprendizaje. No se registraron respuestas en “poco” ni “nada de acuerdo” (Figura 3).

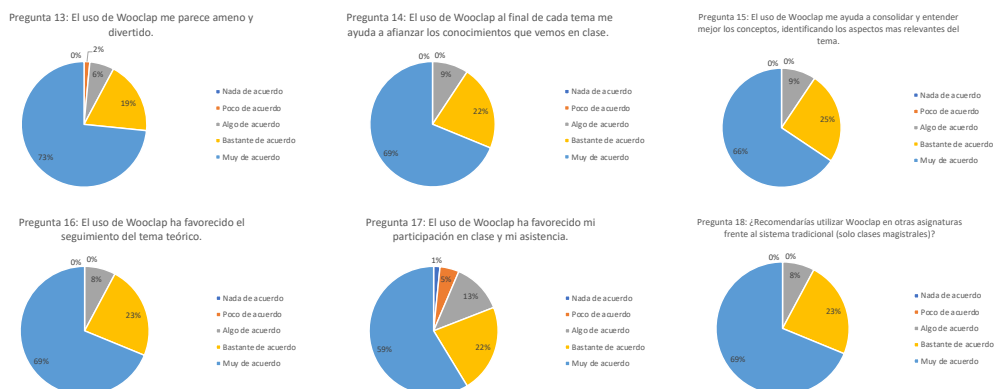
- Pregunta 15: El 100% de los estudiantes está de acuerdo en algún grado con la afirmación de que Wooclap ayuda a consolidar y entender mejor los conceptos, resaltando los aspectos más relevantes de contenido.

- Pregunta 16: La mayoría de los estudiantes (92%) se sitúa en los niveles más altos de acuerdo (“muy” y “bastante”), lo que indica que Wooclap es percibido como una herramienta eficaz para facilitar el seguimiento de los contenidos teóricos. Un 8% se muestra “algo de acuerdo”, mientras que no se registran respuestas en desacuerdo, lo que evidencia una aceptación prácticamente unánime.

- Pregunta 17: Un 81% de los estudiantes se ubica en los niveles más altos de acuerdo (“muy” y “bastante”), lo que indica que Wooclap es percibido como una herramienta que fomenta la participación activa y la asistencia a clase. Un 13% se muestra “algo de acuerdo”, mientras que las respuestas en desacuerdo son de un 6%.

- Pregunta 18: Esta pregunta estaba enfocada a evaluar si los alumnos favorecen la aplicación de Wooclap en otras asignaturas. Todas las respuestas se registraron entre las opciones “muy”, “bastante” y “algo de acuerdo”, lo que indicó que Wooclap se percibe como una buena alternativa al sistema tradicional basado únicamente en clases magistrales. No se registró ninguna respuesta en las opciones que muestran más desacuerdo.

Figura 3. Resultados obtenidos para las preguntas 13 a 18 de la encuesta final. Cada figura representa una pregunta o afirmación contenida en el cuestionario final, se muestra porcentaje de alumnos por respuesta



DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

Percepción de los alumnos sobre la metodología docente basada en clases magistrales y la aplicación de evaluación continua

Los datos obtenidos reflejan una clara preferencia de los estudiantes por metodologías que fomentan la participación activa y la retroalimentación continua frente a la metodología convencional, únicamente basada en clases magistrales (Figura 1). La mayoría de los encuestados manifestó estar “muy” o “bastante de acuerdo” con afirmaciones relacionadas con la utilidad de las clases magistrales cuando se complementan con ejemplos prácticos (Pregunta 5) y con la importancia de responder preguntas o realizar actividades prácticas para evaluar la comprensión (Pregunta 7). Asimismo, se observa una valoración muy positiva hacia la retroalimentación del profesor y compañeros (Pregunta 8), lo que coincide con estudios que destacan el papel del feedback como herramienta clave para mejorar el aprendizaje y desarrollar habilidades metacognitivas (Dávila y Atme, 2025; Quezada y Salinas, 2021).

Por otro lado, los resultados sobre la evaluación continua (Preguntas 9-12) muestran un consenso casi absoluto en que estas estrategias más dinámicas y participativas ayudan a llevar la asignatura al día, facilitan superar la asignatura y contribuyen a obtener mejores calificaciones, mientras que existe un rechazo mayoritario a la realización de un único examen final (Figura 2). Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que evidencian el impacto positivo de la evaluación continua en la motivación estudiantil, la participación y la satisfacción del alumnado (Zambrano Verdesoto, 2021).

En conclusión, los resultados confirman que la combinación de clases magistrales con estrategias participativas, retroalimentación efectiva y evaluación continua se consideran por los alumnos las mejores estrategias para la mejora de la comprensión, favoreciendo la implicación del estudiante en su proceso formativo, lo que responde a las tendencias actuales en educación superior hacia modelos más dinámicos y centrados en el aprendizaje.

Percepción de los estudiantes sobre el uso de Wooclap en clase como herramienta de dinamización y aprendizaje

Los resultados de la encuesta final, tras haber implementado la herramienta Wooclap en clase, muestran una aceptación mayoritaria del uso de Wooclap como herramienta digital en el aula. Más del 90% de los estudiantes se situó en niveles altos de acuerdo en aspectos como la percepción de Wooclap como una herramienta amena y divertida (Pregunta 13), su utilidad para afianzar conocimientos (Pregunta 14), consolidar conceptos y destacar los aspectos más relevantes (Pregunta 15), así como favorecer el seguimiento del tema teórico (Pregunta 16). Además, el 81% considera que Wooclap incrementa su participación y asistencia (Pregunta 17), y un 92% recomendaría su uso en otras asignaturas frente al sistema tradicional (Pregunta 18). Estos hallazgos confirman que Wooclap no solo dinamiza la clase, sino que también potencia la motivación y el aprendizaje activo (Figura 3).

Estos resultados son consistentes con estudios previos que evidencian que las herramientas digitales interactivas incrementan la motivación y el compromiso del estudiantado, favoreciendo la participación y la retención de contenidos (Soto-Martínez et al., 2024; Ariza-Carrasco et al., 2024). Asimismo, de acuerdo con otras investigaciones sobre gamificación y metodologías activas (Suarez-Álvarez y Jiménez-García, 2023; Ramos Cevallos et al., 2024) los resultados de este estudio señalan que estas estrategias mejoran la experiencia educativa e incrementan la interacción en el aula. Los resultados obtenidos en este estudio refuerzan estas conclusiones, un 81% de los estudiantes indicó que esta herramienta incrementó su participación y asistencia, lo que resaltó que Wooclap no solo dinamiza la clase, sino que contribuye a mejorar la motivación del alumnado.

En conclusión, los resultados respaldan la incorporación de Wooclap como recurso pedagógico en la educación superior, ya que contribuye a dinamizar las clases, mejorar la comprensión y fomentar la participación activa, alineándose con las tendencias actuales hacia metodologías centradas en el estudiante.

REFERENCIAS

- Alcívar-Lucas, M.F. y Alcívar-Lucas, G.L. (2025). Valoración de la plataforma educativa “Kahoot” para mejorar la enseñanza de los contenidos ortográficos en la asignatura de lengua y literatura. *593 Digital Publisher CEIT*, 10(1), 160–174. <https://doi.org/10.33386/593dp.2025.1.2824>
- Alvares-Fuentes, J. y Martín-Banderas, L. (2022, 14–15 de diciembre). Utilización de Wooclap para fomentar la participación en clase y evaluar el seguimiento del proceso enseñanza-aprendizaje. En *Edunovatic* (pp. 386–388).
- Ariza-Carrasco, C., Muñoz-González, J.M., Hidalgo-Ariza, M.D., y Romero-Esquinas, M.H. (2024). Validación de un instrumento para evaluar metodologías de enseñanza con Student Response Systems. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 28(2), 293–311. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v28i2.29637>
- Dávila, E.C. y Atme, J. (2025). La retroalimentación en los procesos de enseñanza y aprendizaje: Revisión sistemática. *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 9(39), 3228–3240.
- Gil-Galván, R., Martín-Espinosa, I., y Gil-Galván, F. (2021). Percepciones de los estudiantes universitarios sobre las competencias adquiridas mediante el aprendizaje basado en problemas. *Educación XX1*, 24(1), 271–295. <https://doi.org/10.5944/educXX1.26800>
- López-Alegria, F. y Fraile, C. (2023). Metodologías didácticas activas frente a paradigma tradicional: Una revisión sistemática. *Fundación Educación Médica*, 26, 5–12. <https://doi.org/10.33588/fem.261.1255>
- Mayorga-Ases, M., Tagua-Moyolema, A., Muyulema-Muyulema, D., y Velastegui-Hernández, R. (2024). Estudio sobre la implementación de metodologías activas en la educación superior: Beneficios y desafíos. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(4-1), 196–208. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.4-1.2739>
- Moreno, J.J., Merino de Lucas, F., y Sanz-Triguero, M. (2011). Evidencia empírica de los motivos del absentismo en los estudiantes universitarios. *Revista de Investigación en Educación*, 9(2), 76–90. <http://webs.uvigo.es/reined/>
- Pascoe, M.C., Hetrick, S.E., y Parker, A.G. (2020). The impact of stress on students in secondary school and higher education. *International Journal of Adolescence and Youth*, 25(1), 104–112. <https://doi.org/10.1080/02673843.2019.1596823>
- Quezada, S. y Salinas, C. (2021). Modelo de retroalimentación para el aprendizaje. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 26(88), 225–251.
- Ramos, M.P., Segovia-Avenidaño, M.E., y Juárez-Tamayo, N. (2024). Impacto de la gamificación en el aprendizaje de estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(28), e659. <https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1902>
- Soto-Martínez, G., Sánchez-López, C., y Martínez-Saura, H.F. (2024). La utilidad metodológica de Wooclap: Un estudio sobre la motivación y participación estudiantil universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 22(1), 105–120.
- Suarez-Álvarez, R. y Jiménez-García, A. (2023, 14 de julio). Conciliando el móvil con el aula: Mobile-learning como experiencia de aprendizaje en educación superior a través de

Wooclap. En *IX Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*, Valencia. <https://doi.org/10.4995/INRED2023.2023.16412>

Vargas, M.T., Aruquina, E.A., y Daveziez, W.R. (2022). Metodologías de enseñanza universitaria: Un reto para el docente universitario. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 20(26), 11–33. <https://doi.org/10.56469/rcti.vol20n26.704>

Wang, A.I. y Tahir, R. (2020). The effect of using Kahoot! for learning: A literature review. *Computers y Education*, 149, 103818. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103818>

Zambrano, G.Z. (2021). *Metodologías activas generadoras de un aprendizaje significativo en la educación superior*. Editorial Área de Innovación y Desarrollo S.L. <https://doi.org/10.17993/DideInnEdu.2021.49>

CAPÍTULO 37

TRANSFERENCIA, MEJORA DOCENTE Y EMPLEABILIDAD: EL VALOR DE LA COLABORACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA

JUAN ANTONIO CABRERA GONZÁLEZ*, MARÍA TERESA ARANDA ROMERO**, SARA JIMÉNEZ ALFARO**, Y MARÍA DE LOS ÁNGELES HERRERA GARRIDO**

**Doctor Ingeniería Mecánica; **Universidad de Sevilla*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la globalización y la digitalización de los procesos productivos han transformado las demandas del mercado laboral, situando a la educación en ingeniería ante el desafío de redefinir su vínculo con la industria. Los avances en inteligencia artificial, automatización, energías renovables y análisis de datos exigen que los profesionales combinen una sólida base teórica con habilidades prácticas, tecnológicas y colaborativas (Braun et al., 2024).

Diversas investigaciones evidencian cierta desconexión entre las competencias que se desarrollan en el ámbito académico y aquellas que el sector productivo considera prioritarias. En este sentido, en el ámbito profesional se valora la base científica de los egresados, pero destacan la necesidad de fortalecer habilidades aplicadas, así como competencias transversales relacionadas con el trabajo en equipo, el liderazgo, la comunicación y el uso de tecnologías emergentes (Shah y Gillen, 2023; Tzavidas et al., 2020).

De acuerdo con un estudio sistemático de Braun et al. (2024), la brecha se origina en modelos de enseñanza excesivamente teóricos, poco actualizados frente al ritmo tecnológico, y con escasa interacción con el entorno profesional. Estas limitaciones repercuten en la empleabilidad de los egresados y en la capacidad innovadora de las economías que los acogen.

Los modelos de colaboración universidad-industria no solo facilitan la actualización de los contenidos curriculares, sino que promueven la transferencia de conocimiento, la investigación aplicada y la innovación tecnológica. Perkmann et al. (2018) sostienen que el éxito de estas alianzas depende de la alineación de objetivos, la confianza mutua y la gestión compartida de la propiedad intelectual. Asimismo, Shah y Gillen (2023) subrayan que la cooperación efectiva requiere mecanismos institucionales estables (centros de transferencia, programas de prácticas y proyectos conjuntos de I+D) que aseguren una retroalimentación continua entre los dos entornos.

Existen diversos modelos educativos internacionales que promueven el acercamiento de la academia al mundo empresarial, con el objetivo de mejorar la

preparación de los estudiantes para los desafíos del mercado laboral. Un ejemplo destacado es el modelo de aprendizaje basado en proyectos. Este modelo pone a los estudiantes a trabajar en problemas reales de la industria desde el primer año, a menudo en colaboración directa con empresas locales (Naseer et al., 2025). En este sentido, Xu (2024) destaca cómo universidades líderes a nivel global han combinado este enfoque con estrategias interdisciplinarias y colaborativas, desarrollando competencias para resolver problemas complejos y promoviendo la interacción entre distintas disciplinas y con la industria.

De manera complementaria, Tereshchenko et al. (2025) destacan la importancia de incluir módulos específicos en tecnologías emergentes dentro de los programas de ingeniería. Estos módulos deben diseñarse en colaboración con empresas del sector tecnológico, de modo que los estudiantes puedan no solo conocer, sino también trabajar directamente con las herramientas y sistemas que las empresas están utilizando. Este enfoque garantiza que la formación académica esté alineada con las demandas tecnológicas del mercado y prepara a los graduados para enfrentar desafíos reales en su futura práctica profesional.

En un nivel más avanzado, el doctorado industrial emerge como una de las estrategias más efectivas para vincular formación, investigación e innovación. Este modelo, basado en la colaboración entre universidades, empresas y administraciones públicas, permite que los doctorandos desarrollen su tesis en el marco de proyectos de I+D reales, combinando investigación académica y aplicación práctica en contextos reales (Grimm, 2018).

La participación activa de las empresas favorece la transferencia bidireccional de conocimiento: los estudiantes adquieren experiencia aplicada y competencias de alto valor añadido, mientras que las organizaciones acceden a talento altamente especializado y resultados científicos de vanguardia (Zhang y Chen, 2023). Desde la perspectiva docente, el doctorado industrial promueve una enseñanza más dinámica y conectada con los retos de la sociedad, fomentando la innovación educativa y la actualización del profesorado. La experiencia práctica en contextos industriales permite a los doctorandos actuar como agentes que facilitan el flujo de conocimiento entre el mundo académico y el empresarial (Kunttu et al., 2018).

El análisis de la literatura muestra que la transformación de la educación en ingeniería no puede entenderse sin una cooperación estrecha entre universidad e industria. Superar la brecha entre teoría y práctica requiere no solo rediseñar los planes de estudio, sino también institucionalizar canales de colaboración sostenidos y bidireccionales. El doctorado industrial y los modelos de colaboración público-privada representan mecanismos eficaces para avanzar hacia una formación más contextualizada, innovadora y socialmente relevante. De este modo, la educación en

ingeniería puede convertirse en un verdadero motor de desarrollo, impulsando tanto la competitividad empresarial como la generación de conocimiento aplicado.

MÉTODO

La colaboración entre la universidad y el sector industrial constituye un eje esencial para fortalecer la innovación, la calidad docente y la empleabilidad del alumnado. En este contexto, la transferencia de conocimiento se convierte en un proceso formativo bidireccional que integra la teoría con la práctica profesional. Dos metodologías destacan especialmente en este sentido: las prácticas en empresa, que facilitan la aplicación real de los aprendizajes y el desarrollo de competencias profesionales, y el doctorado industrial, que vincula la investigación universitaria con proyectos de innovación empresarial. Ambas iniciativas representan ejemplos eficaces de cómo la colaboración universidad-empresa impulsa una formación más aplicada, conectada con las demandas sociales y económicas actuales.

Prácticas en empresa como estrategia formativa y de transferencia

Las prácticas en empresa se corresponden con la primera herramienta que permite al alumno tener un primer contacto con la empresa situándolo en un espacio real de aprendizaje aplicado. Su finalidad es que la formación universitaria se ajuste de manera tangible a las demandas profesionales y a los contextos laborales en los que el alumnado habrá de desenvolverse al concluir sus estudios. Las prácticas académicas externas se regulan mediante la normativa universitaria vigente (Universidad de Sevilla, s.f.-a; s.f.-b) y se dividen en dos modalidades principales:

Las prácticas curriculares forman parte integrante del plan de estudios de cada titulación. Esta modalidad garantiza que la experiencia práctica se incorpore como un elemento formativo reconocido y evaluable, estrechamente vinculado a los objetivos académicos de cada programa. Su realización se supervisa por tutores académicos y profesionales, asegurando la coherencia entre los aprendizajes teóricos y su aplicación práctica en entornos reales de trabajo.

Las prácticas extracurriculares ofrecen una opción voluntaria para los estudiantes que deseen ampliar su experiencia profesional más allá del marco curricular. Aunque no forman parte del plan de estudios, esta modalidad refuerza su valor en la trayectoria académica y profesional del estudiante.

Desde la perspectiva de la innovación docente, las prácticas en empresa constituyen un auténtico espacio de aprendizaje aplicado, donde el conocimiento adquirido en las aulas se contrasta con los desafíos reales del entorno profesional. Esta experiencia favorece un intercambio continuo entre universidad y empresa: mientras las organizaciones se benefician del talento y las ideas del alumnado, la universidad obtiene una valiosa retroalimentación que le permite actualizar sus

metodologías y contenidos formativos. Al mismo tiempo, las prácticas externas fortalecen la transferencia de conocimiento y la empleabilidad, al ofrecer al estudiante una visión integrada de su ámbito profesional y del funcionamiento de los sectores productivos relacionados. Además, estimulan la innovación aplicada, la capacidad de emprendimiento y el desarrollo de competencias clave para un ejercicio profesional responsable y ético. En conjunto, las prácticas en empresa se consolidan como una metodología estratégica de colaboración universidad–empresa, esencial para cerrar el ciclo de formación, transferencia y empleabilidad, y para impulsar un modelo universitario orientado a la excelencia, la innovación y el compromiso social.

Doctorado industrial como modelo avanzado de colaboración

El doctorado industrial constituye una de las formas más estratégicas de colaboración entre la universidad y el sector privado empresarial, tanto a nivel nacional como internacional. Este modelo tiene como propósito fundamental fomentar la formación integral de investigadores en contextos reales de innovación, incorporando el rigor científico propio del ámbito académico con la orientación práctica y las necesidades de la sociedad (Universidad de Sevilla, s.f.-c).

Durante este proceso, los doctorandos desarrollan su tesis doctoral en el marco de proyectos de investigación industrial o de desarrollo experimental, en estrecha colaboración con empresas. De este modo, se enfrentan a desafíos concretos de interés socioeconómico y contribuyen directamente al avance tecnológico y a la innovación empresarial, al tiempo que fortalecen la transferencia de conocimiento entre la academia y el sector industrial.

Más allá de su dimensión investigadora, el doctorado industrial introduce una vertiente innovadora en la formación doctoral, al situar el aprendizaje en un entorno híbrido entre la universidad y la empresa. Este marco permite que los doctorandos aprendan junto a expertos del sector industrial, adoptando metodologías y dinámicas de trabajo propias del ámbito profesional. En este contexto, la figura del investigador en formación se transforma en un agente activo de innovación y transferencia, capaz de conectar la generación de conocimiento académico con la aplicación de soluciones a problemas reales.

Desde una perspectiva sistémica, el doctorado industrial genera beneficios tangibles y complementarios para todos los agentes implicados (Universidad de Sevilla, s.f.-c):

Para la empresa, supone un acceso directo a grupos y centros de investigación universitarios, así como a personas con alta cualificación científica y competencias de valor añadido. Este modelo facilita la elaboración de proyectos estratégicos e innovadores, la obtención de beneficios fiscales en actividades de I+D+i, y la

posibilidad de acceder a convocatorias públicas específicas de apoyo a la investigación colaborativa, tanto en el ámbito estatal como autonómico.

Para los doctorandos, el doctorado industrial ofrece la oportunidad de desarrollar su tesis en un entorno empresarial o institucional comprometido con la investigación, la innovación y la formación práctica. Este contexto les permite trabajar junto a investigadores universitarios y expertos del sector, integrarse en equipos multidisciplinares y participar activamente en la transferencia de conocimiento y la resolución de problemas complejos de la sociedad. Además, favorece la adquisición de competencias transversales, como la comunicación efectiva, la gestión de proyectos, el trabajo en equipo, la creatividad o el pensamiento crítico, que resultan esenciales para la empleabilidad y el desarrollo profesional en entornos de alta complejidad.

Para la universidad, este modelo representa un mecanismo efectivo de transferencia de conocimiento hacia entornos empresariales y administrativos, pero también una fuente de innovación docente, al enriquecer los procesos formativos con experiencias reales y colaboraciones sostenidas. Asimismo, fortalece las relaciones estratégicas con organizaciones de distintos sectores industriales, promoviendo una cultura de co-creación y aprendizaje compartido alineada con las necesidades del entorno.

De este modo, el doctorado industrial se consolida como una herramienta clave para la innovación docente y la empleabilidad de los investigadores en formación, al situar el proceso de aprendizaje e investigación en un marco de colaboración activa, aprendizaje situado y desarrollo de competencias integrales. Esta figura no solo impulsa la excelencia científica, sino que redefine la manera en que la universidad enseña, aprende y se conecta con la sociedad.

RESULTADOS

Como resultado tangible de la colaboración público-privada en el ámbito universitario, lo constituye el conjunto de iniciativas impulsadas por la Universidad de Sevilla en los últimos años para fortalecer la relación entre la investigación académica y el tejido productivo. Estas actuaciones han dado lugar a la creación de infraestructuras y programas estables de cooperación, orientados no solo a la transferencia tecnológica, sino también a la formación práctica de estudiantes e investigadores en entornos reales de innovación. Entre los resultados más destacados se encuentra el Centro de Innovación Universitaria Andalucía, Alentejo y Algarve (CIU3A), un espacio transfronterizo concebido para el desarrollo conjunto de proyectos de I+D+i, trabajos académicos y doctorados industriales, que ejemplifica de manera clara los beneficios de la sinergia entre universidad y empresa.

Se trata de un centro conjunto impulsado por las Universidades de Sevilla, Évora y Algarve, que se configura como un ecosistema de innovación orientado a la Industria 4.0, la Logística, los Materiales y la Sostenibilidad. En sus instalaciones del Puerto de Sevilla (ver Figura 1), el CIU3A alberga laboratorios y plantas piloto que reproducen, a pequeña escala, procesos industriales reales, permitiendo que los resultados de la investigación universitaria sean directamente transferibles al entorno empresarial. En este sentido, el centro funciona como una plataforma experimental para la formación práctica de estudiantes e investigadores, que aprenden en contacto directo con entornos productivos, empresas tecnológicas y profesionales de la industria (Universidad de Sevilla, 2025).

Figura 1. Imagen de la sede 2 del Centro de Innovación de Andalucía, Alentejo y Algarve (Alda, 2022)



Un ejemplo importante de esta colaboración es el convenio suscrito entre la Universidad de Sevilla y la empresa GRI Towers Sevilla, dedicada a la fabricación de torres para aerogeneradores. En el marco de este acuerdo, la empresa dispone de una nave industrial de 4.000 m² en el CIU3A y colabora con tres grupos de investigación de la Universidad de Sevilla en áreas como resistencia de materiales, organización industrial y tecnología electrónica (Universidad de Sevilla, 2025).

El CIU3A forma parte, además, del Innovation Hub de Ulysseus (Universidad de Sevilla, 2025), una red internacional de polos de innovación que promueve la formación, la investigación y la transferencia en los ámbitos de la energía, el transporte, la movilidad y las ciudades inteligentes. Desde este enfoque, el centro impulsa actividades de formación y co-creación, incluyendo living labs, espacios para open classes e incubadoras universitarias, en los que los estudiantes desarrollan competencias transversales clave para la empleabilidad: trabajo en equipo, liderazgo, pensamiento crítico y capacidad de innovación.

De esta forma, el CIU3A constituye un modelo pionero de innovación docente universitaria, al integrar en un mismo espacio la formación académica, la investigación aplicada y la colaboración público-industrial. Su estructura fomenta la realización de TFGs, TFMs y doctorados industriales en contextos reales de innovación, situando al estudiante como protagonista activo de la transferencia de conocimiento y contribuyendo al desarrollo sostenible de los sectores estratégicos de la región.

Indicadores prácticas en empresa

Las prácticas académicas externas constituyen uno de los principales mecanismos de conexión entre la Universidad de Sevilla y el tejido productivo, y una vía estratégica para promover la transferencia de conocimiento, la mejora docente y la empleabilidad del alumnado. A través de ellas, los estudiantes aplican los conocimientos adquiridos en su formación académica y desarrollan competencias transversales que facilitan su inserción laboral y potencian su capacidad de emprendimiento.

En la actualidad, la Universidad de Sevilla mantiene más de 3.000 convenios activos con empresas e instituciones públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales, lo que permite una amplia oferta de prácticas para estudiantes de grado y máster (Universidad de Sevilla, s.f.-d). Cada año, en torno a 11.000 estudiantes realizan prácticas externas, de las cuales aproximadamente 2.200 corresponden a la modalidad extracurricular (Universidad de Sevilla, 2024).

Los datos más recientes ponen de manifiesto el alto grado de empleabilidad asociado a estas experiencias formativas. Según la directora del Secretariado de Prácticas en Empresa, Innovación y Empleo, uno de cada cuatro estudiantes de la Universidad de Sevilla recibe una oferta laboral al finalizar sus prácticas extracurriculares, lo que representa una tasa de inserción estimada del 25 % (Universidad de Sevilla, 2024). Este porcentaje podría ser incluso mayor, ya que muchas contrataciones no llegan a comunicarse formalmente a la universidad.

Las causas de esta elevada conversión entre prácticas y empleo se relacionan con la adecuación entre la formación universitaria y las necesidades del mercado laboral. Los perfiles más contratados tras las prácticas pertenecen mayoritariamente al área de Ingeniería y profesiones afines, seguidos por los de Dirección y Administración de Empresas, Contabilidad y Gestión de Impuestos, y Derecho y Economía. Este dato refleja una clara orientación hacia sectores donde la innovación tecnológica, la organización industrial y la gestión empresarial demandan un alto nivel de cualificación práctica (Universidad de Sevilla, 2024).

Atendiendo a la innovación docente, este entramado de colaboración público-privada actúa como un ecosistema de aprendizaje y experiencia que trasciende el aula. A través de la plataforma Ícaro (Universidad de Sevilla, s.f.-a), el alumnado puede acceder a las ofertas de prácticas, realizar su solicitud y gestionar su proceso formativo, garantizando la trazabilidad académica y administrativa. Para completar la preparación profesional, la Universidad ofrece formación complementaria en competencias transversales (como elaboración de currículum, marca personal o comunicación eficaz) y organiza cada año la Feria de Empleo (Universidad de Sevilla, 2024), un evento presencial que conecta directamente a las empresas con los

estudiantes y titulados, promoviendo un entorno de encuentro dinámico y orientado al empleo.

En definitiva, las prácticas externas de la Universidad de Sevilla representan una metodología integral de transferencia y empleabilidad, donde convergen la formación académica, la innovación docente y la conexión con el entorno productivo. Su impacto positivo se refleja tanto en las altas tasas de inserción laboral como en el fortalecimiento de los vínculos universidad–empresa, consolidando un modelo de enseñanza superior orientado a la excelencia, la empleabilidad y el compromiso social.

Indicadores doctorados industriales

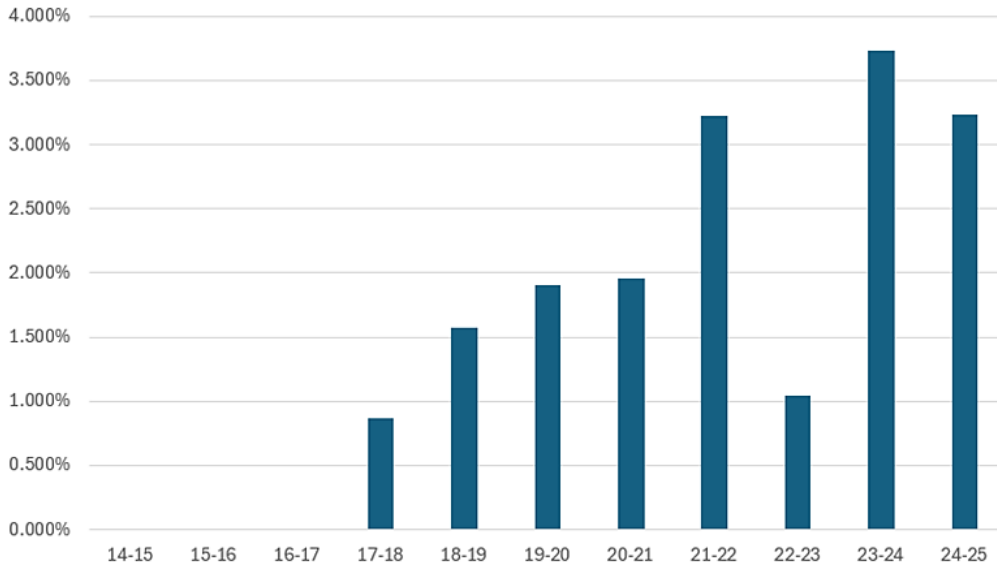
En el marco de la colaboración universidad–empresa, los indicadores sobre el desarrollo de tesis doctorales industriales constituyen una herramienta fundamental para analizar el grado de integración entre el ámbito académico y el productivo. Estos datos permiten valorar no solo la evolución cuantitativa de esta modalidad formativa, sino también su impacto en la transferencia de conocimiento, la innovación y la empleabilidad de los investigadores en formación. En el caso de la Universidad de Sevilla, el seguimiento de estos indicadores en la última década ofrece una visión clara del avance hacia un modelo de doctorado cada vez más orientado a la colaboración público–privada y a la aplicación práctica del conocimiento científico.

La evolución del porcentaje de tesis industriales respecto del total de tesis defendidas en la Universidad de Sevilla (ver Figura 2) durante la última década muestra una tendencia claramente ascendente y sostenida. Tal como refleja la gráfica, hasta el curso 2016/17 no se registraban tesis de esta modalidad, pero a partir de 2017/18 comienza una incorporación gradual que se consolida entre los cursos 2018/19 y 2020/21, cuando las tesis industriales alcanzan en torno al 2 % del total. El crecimiento se intensifica a partir del curso 2021/22, superando el 3 % y alcanzando su valor máximo en 2023/24, con más del 3,5 % del total de tesis defendidas. En el curso más reciente (2024/25) se observa un ligero retroceso, situándose en torno al 3,1 %, aunque manteniendo niveles significativamente superiores a los del inicio del periodo analizado.

Este comportamiento evidencia una consolidación progresiva del modelo de doctorado industrial en la Universidad de Sevilla, que ha pasado de ser una experiencia experimental a constituirse como una vía estable y estratégica de formación doctoral. El crecimiento sostenido coincide con la implementación de políticas institucionales orientadas a la transferencia de conocimiento y la colaboración universidad–empresa, así como con la puesta en marcha de estructuras específicas como el Centro de Innovación Universitaria Andalucía, Alentejo y Algarve

(CIU3A) o las cátedras de empresa, que actúan como entornos facilitadores de la investigación aplicada y de la formación conjunta.

Figura 2. Porcentaje de tesis con mención industrial correspondiente al total de tesis defendidas en la Universidad de Sevilla (Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Sevilla, 2025)

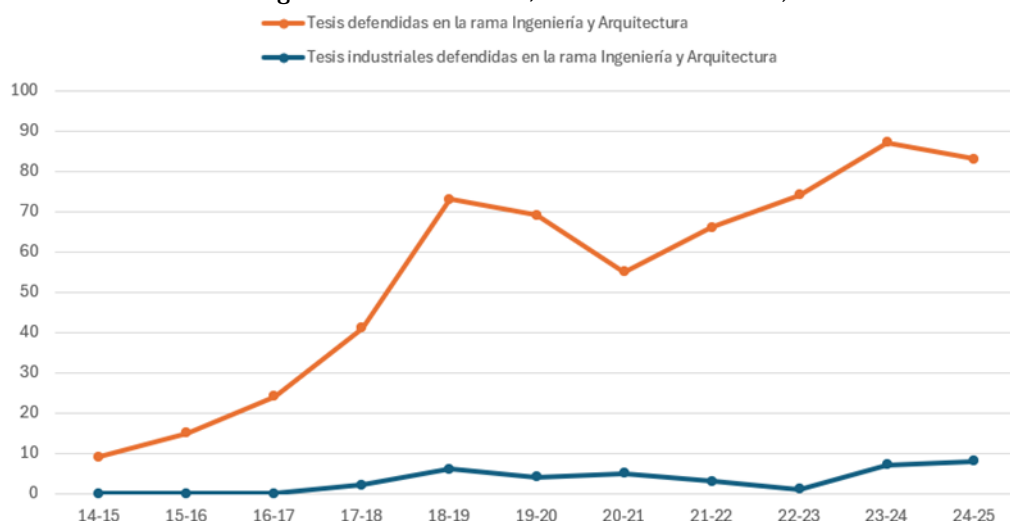


Desde una perspectiva educativa, el auge del doctorado industrial refleja un cambio cualitativo en los modelos de aprendizaje y formación de investigadores, situando el proceso de tesis en un contexto de resolución de problemas reales, co-creación de conocimiento y diálogo continuo entre la academia y el sector productivo. Este formato potencia la adquisición de competencias transversales (como la gestión de proyectos, el liderazgo técnico, el trabajo interdisciplinar o la comunicación científico-tecnológica) que resultan esenciales para la empleabilidad y el desarrollo profesional de los doctorandos. Además, favorece una transferencia bidireccional de conocimiento, en la que la universidad no solo aporta innovación científica al entorno empresarial, sino que también se nutre de las demandas, metodologías y enfoques propios de la industria, enriqueciendo así su actividad docente e investigadora.

Dentro de esta tendencia general, la rama de Ingeniería y Arquitectura destaca como el principal motor del crecimiento de las tesis industriales en la Universidad de Sevilla (ver Figura 3). Los datos muestran una clara correlación entre el incremento del número total de tesis defendidas en esta área y el aumento de aquellas que se desarrollan bajo la modalidad industrial. Desde el curso 2014/15, las tesis de Ingeniería y Arquitectura han experimentado un incremento constante, pasando de

cifras reducidas en los primeros años a superar las 80 defensas anuales en el curso 2023/24.

Figura 3. Número de tesis doctorales totales y con mención industrial en la rama de Ingeniería y Arquitectura en la Universidad de Sevilla (Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Sevilla, Programas de doctorado, Indicadores - EIDUS)



De forma paralela, las tesis industriales en esta misma rama han mostrado una evolución ascendente, con un punto de inflexión a partir de 2017/18. En los últimos cursos, se ha alcanzado un número de defensas que consolida a esta área como líder en la aplicación del modelo de doctorado industrial, gracias a su estrecha vinculación con sectores estratégicos como la energía, la construcción sostenible, la ingeniería de materiales o la digitalización industrial.

El papel de Ingeniería y Arquitectura es especialmente significativo porque representa un espacio de convergencia natural entre el conocimiento científico y su aplicación tecnológica, un terreno en el que las sinergias entre universidad y empresa son especialmente productivas. En este sentido, proyectos como los desarrollados en el CIU3A o las colaboraciones con empresas líderes ejemplifican cómo la investigación universitaria se traduce en innovación aplicada y en la formación de perfiles altamente especializados que responden a los retos de la Industria 4.0. En particular, la colaboración con la empresa GRI Towers Sevilla ha dado lugar a cuatro tesis doctorales industriales defendidas exitosamente durante los cursos 23/24 y 24/25, todas ellas evaluadas con la calificación de Sobresaliente Cum Laude (Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Sevilla (s.f.). Programas de doctorado.). Estos resultados consolidan un modelo de aprendizaje colaborativo y de

transferencia efectiva de conocimiento entre universidad y empresa, evidenciando el potencial del doctorado industrial como mecanismo de innovación docente y de desarrollo de talento altamente cualificado.

Además, esta rama contribuye de forma directa a la innovación docente, al promover entornos de aprendizaje basados en la resolución de problemas reales, la co-creación con expertos del sector y la integración de herramientas digitales avanzadas. Los doctorandos que participan en estas experiencias adquieren no solo un profundo dominio técnico, sino también competencias profesionales transversales que facilitan su inserción en entornos laborales de alta complejidad y dinamismo.

En conjunto, los indicadores de la rama de Ingeniería y Arquitectura demuestran cómo el doctorado industrial se consolida como una estrategia formativa y de innovación clave dentro del ecosistema universitario sevillano. Su desarrollo contribuye tanto a la competitividad tecnológica del tejido productivo como al fortalecimiento del papel de la universidad como agente de cambio, transferencia y liderazgo en la sociedad del conocimiento.

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

La colaboración entre la universidad y la empresa, a través de prácticas externas y programas como el doctorado industrial, demuestra ser una estrategia clave para fortalecer la empleabilidad del alumnado y para acercar la formación universitaria a las necesidades reales del mercado laboral. Las prácticas en empresa permiten que los estudiantes apliquen de manera tangible los conocimientos adquiridos en el aula, fomentando habilidades profesionales, adaptabilidad y competencias transversales que incrementan sus oportunidades de inserción laboral. En particular, se observa un incremento en la empleabilidad, con mayor número de estudiantes que acceden a ofertas laborales tras finalizar sus prácticas o proyectos de doctorado industrial, así como un fortalecimiento de las competencias profesionales demandadas por las empresas.

El doctorado industrial, como modelo avanzado de colaboración, potencia la transferencia de conocimiento entre el ámbito académico y el sector productivo, integrando la investigación científica con retos reales de la industria. Este modelo favorece la formación integral del investigador, desarrolla capacidades de innovación y fortalece la relación universidad-empresa, contribuyendo al progreso económico y social.

En términos docentes, la colaboración con la industria enriquece los programas académicos, incorporando experiencias prácticas y casos reales que mejoran la calidad educativa y preparan a los estudiantes para enfrentar los retos del entorno profesional. Además, la retroalimentación de las empresas permite a la universidad

ajustar sus planes de estudio y promover la innovación educativa, contribuyendo a un ciclo virtuoso de mejora continua.

En conclusión, la implementación de estrategias de colaboración universidad–empresa representa un valor añadido significativo, integrando transferencia de conocimiento, mejora docente y empleabilidad, y consolidando un modelo educativo más conectado con las necesidades de la sociedad y del mercado laboral.

REFERENCIAS

- Alda, F. (2022). *Centro de Innovación CIU3A Andalucía-Algarve-Alentejo*. Universidad de Sevilla. <https://www.fernandoalda.com/es/proyectos/arquitectura/1443/centro-de-innovacion-ciu-3-a-andalucia-algarve-alentejo-universidad-de-sevilla/>
- Braun, G., Rikala, P., Järvinen, M., Hämäläinen, R., y Stahre, J. (2024). *Bridging skill gaps – A systematic literature review of strategies for industry*. Chalmers Industrial & Materials Science.
- Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Sevilla. (s.f.). *Programas de doctorado*. <https://doctorado.us.es/estudios/programas-de-doctorado>
- Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Sevilla. (2025). *Indicadores - EIDUS*. <https://doctorado.us.es/escuela/cifras>
- Grimm, K. (2018). Assessing the industrial PhD: Stakeholder insights. *Journal of Technology and Science Education*, 8(3), 234–245.
- Kunttu, L., Huttu, E., y Neuvo, Y. (2018). How doctoral students and graduates can facilitate boundary spanning between academia and industry. *Technology Innovation Management Review*, 8, 48–54.
- Naseer, F., Tariq, R., Alshahrani, H. M., Alruwais, N., y Al-Wesabi, F. N. (2025). Project based learning framework integrating industry collaboration to enhance student future readiness in higher education. *Scientific Reports*, 15(1), 24985.
- Perkmann, M., Weld, J., y Hughes, A. (2018). What makes industry–university collaboration succeed? A systematic review of the literature. *Journal of Business Economics*, 89, 221–250.
- Shah, R. y Gillen, A. L. (2023). A systematic literature review of university–industry partnerships in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 49(3).
- Tereshchenko, E., Salmela, E., Melkko, E., Phang, S. K., y Happonen, A. (2024). Emerging best strategies and capabilities for university–industry cooperation: Opportunities for MSMEs and universities to improve collaboration. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 13, 28.
- Tzavidas, E., Enevoldsen, P., y Xydis, G. (2020). A university–industry knowledge transfer online education approach via a cloud-based database global solution. *Smart Learning Environments*, 7(1), 20.
- Universidad de Sevilla. (2024). *Uno de cada cuatro estudiantes recibe una oferta laboral al finalizar sus prácticas*. <https://www.us.es/actualidad-de-la-us/uno-de-cada-cuatro-estudiantes-recibe-una-oferta-laboral-al-finalizar-sus>
- Universidad de Sevilla. (2025). *US y Puerto impulsan la investigación y transferencia del conocimiento hacia la industria*. Vicerrectorado de Investigación.

<https://www.investigacion.us.es/noticias/us-y-puerto-impulsan-la-investigacion-y-transferencia-del-conocimiento-hacia-la-industria>

Universidad de Sevilla. (s.f.-a). *Prácticas en empresas*. CAT Universidad de Sevilla. <https://cat.us.es/practicas-y-empleo/practicas-en-empresas>

Universidad de Sevilla. (s.f.-b). *Prácticas*. Servicio de Prácticas Externas y Empleo. <https://servicio.us.es/spee/practicas>

Universidad de Sevilla. (s.f.-c). *Doctorado industrial*. Escuela Internacional de Doctorado (EIDUS). <https://doctorado.us.es/estudios/doctorado-industrial>

Universidad de Sevilla. (s.f.-d). *Prácticas y empleo*. <https://www.us.es/estudiar/practicas-empleo>

Zhang, Y. y Chen, X. (2023). Empirical analysis of university–industry collaboration in postgraduate education: A case study of Chinese universities of applied sciences. *Sustainability*, 15(7), 6252.

CAPÍTULO 38

APRENDER, ENSEÑAR Y COMPARTIR A TRAVÉS DE YOUTUBE

CELSO JOSÉ DIEZ MELLADO, PAULA ARIELY LOAYZA ROLO,
ALBERTO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, CARMEN ACEDO, ANA MARÍA VEGA MARAY,
ANA PAULA MELERO, CLARA RUBIO REINARES, ESTRELLA ALFARO-SAIZ,
RUBÉN PÉREZ GONZÁLEZ, Y ANA BELÉN FERNÁNDEZ SALEGUI
Universidad de León

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y expansión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha transformado profundamente la sociedad contemporánea, generando nuevas formas de interacción, acceso al conocimiento y participación ciudadana (Martín-García, 2023). En consecuencia, las instituciones educativas se han visto impulsadas a adoptar metodologías que integren herramientas digitales (Castañeda, 2009; García et al., 2023), y promoviendo la alfabetización tecnológica como competencia en la formación de estudiantes autónomos, críticos y competentes en entornos complejos.

La pandemia de COVID-19 aceleró este proceso, obligando de forma repentina a trasladar la enseñanza a entornos virtuales y replantear las dinámicas de interacción docente–estudiante (Fernández-Salegui et al., 2021; Martín-García, 2023), con el fin de garantizar la continuidad educativa. Esta experiencia puso de manifiesto, además, la importancia de disponer de recursos formativos accesibles, visuales y reutilizables, especialmente en aulas con alta densidad de alumnado y marcada heterogeneidad en conocimientos previos, ritmos de aprendizaje y niveles de motivación (Domínguez, 2016; Leiva, 2011). En estos contextos, resulta prioritario ofrecer apoyos didácticos (Cuestas, 2009), que permitan personalizar el aprendizaje y favorecer la comprensión de contenidos complejos.

Las TIC, utilizadas de manera reflexiva y orientada, pueden contribuir a atender estas necesidades mediante la creación de entornos formativos más flexibles, visuales y accesibles (Domínguez, 2016). Es en este marco donde cobran especial relevancia los recursos audiovisuales como soporte educativo (Guamán-Gómez et al., 2021). Plataformas como YouTube se han consolidado como una de las redes sociales más influyentes en el ámbito educativo. Actualmente, miles de vídeos explicativos de alta calidad están disponibles de manera gratuita, permitiendo que estudiantes universitarios de todo el mundo amplíen sus conocimientos y refuercen la materia impartida en clase (Roy, 2023). Asimismo, profesionales, investigadores y docentes

utilizan YouTube como herramienta de divulgación y formación, integrándose tanto en la preparación autónoma del alumnado como en metodologías de clase invertida (Adler et al., 2025). Sin embargo, la abundancia de materiales disponibles no garantiza su calidad pedagógica, lo que hace necesario orientar al alumnado hacia el uso crítico y fundamentado de estos recursos, así como promover la creación de contenidos propios validados desde la institución educativa.

En este sentido, la propuesta presentada adquiere un valor añadido: el canal de YouTube analizado ha sido diseñado y desarrollado por un estudiante del propio Grado de Biología, lo cual permite por un lado mejorar el aprendizaje y las habilidades del estudiante (Pirhonen y Rasi, 2017) y además ofrecer explicaciones, ejemplos y enfoques ajustados a las dudas reales, dificultades conceptuales y formas de razonamiento características del alumnado. Esta perspectiva favorece una transmisión del conocimiento horizontal, donde la comunicación se realiza entre iguales, reduciendo la distancia habitual asociada a la transmisión vertical profesor-estudiante (Ríos et al., 2022). La identificación entre quien explica y quien aprende contribuye a generar un clima de proximidad, accesibilidad y acompañamiento, y puede mejorar la comprensión y la motivación del estudiantado.

El presente trabajo se centra, por tanto, en la utilización de este canal de YouTube y de TikTok como herramientas docentes en el Grado de Biología de la Universidad de León, con el fin de reforzar los contenidos abordados en las clases teórico-prácticas mediante materiales audiovisuales elaborados por y para los estudiantes, favoreciendo así la autonomía, la continuidad del aprendizaje y la construcción compartida del conocimiento. Con el acompañamiento y supervisión del profesorado, el canal se configura como un recurso complementario visual, dinámico y cercano, orientado a reforzar el aprendizaje teórico-práctico, fomentar la autonomía y contribuir a la divulgación científica accesible.

Objetivos

Este trabajo tiene como finalidad analizar y valorar el uso de un canal de YouTube como herramienta de apoyo docente. Para ello, se plantean los siguientes objetivos:

- Diseñar y desarrollar un canal de YouTube orientado a la divulgación y refuerzo de contenidos desarrollados en el Grado en Biología, elaborado desde la perspectiva y experiencia de un estudiante.

- Favorecer la comprensión de contenidos teórico-prácticos mediante recursos audiovisuales que permitan visualizar procesos biológicos y aclarar conceptos complejos de forma accesible y atractiva, y fomentar la autonomía y la autorregulación del aprendizaje mediante el acceso libre y permanente a materiales complementarios que los estudiantes pueden consultar según sus necesidades, ritmo y motivación.

MÉTODO

Participantes

El proyecto se desarrolla en el contexto del Grado en Biología de la Universidad de León, concretamente en contenidos desarrollados en la asignatura de Botánica Fundamental, y es un estudiante de tercer curso el creador y divulgador del contenido audiovisual. Su papel no se limita a la simple difusión de información, sino que se orienta a interpretar, seleccionar y explicar los contenidos desde la perspectiva del estudiantado, atendiendo a las dudas, dificultades conceptuales y formas de razonamiento en su proceso de aprendizaje.

El público destinatario está compuesto, principalmente, por compañeros del mismo grado, aunque los contenidos presentan un carácter transversal que permite su uso por alumnado de otras titulaciones afines, así como por personas con interés general en la divulgación científica. Además, el canal fomenta la participación del público, ya que no solo ofrece material explicativo, sino que también permite proponer temas, solicitar aclaraciones o sugerir nuevos contenidos. Esta interacción favorece un modelo de transmisión horizontal del conocimiento, en el que los estudiantes no son meros receptores pasivos, sino agentes activos en la construcción y orientación del aprendizaje compartido.

Instrumentos

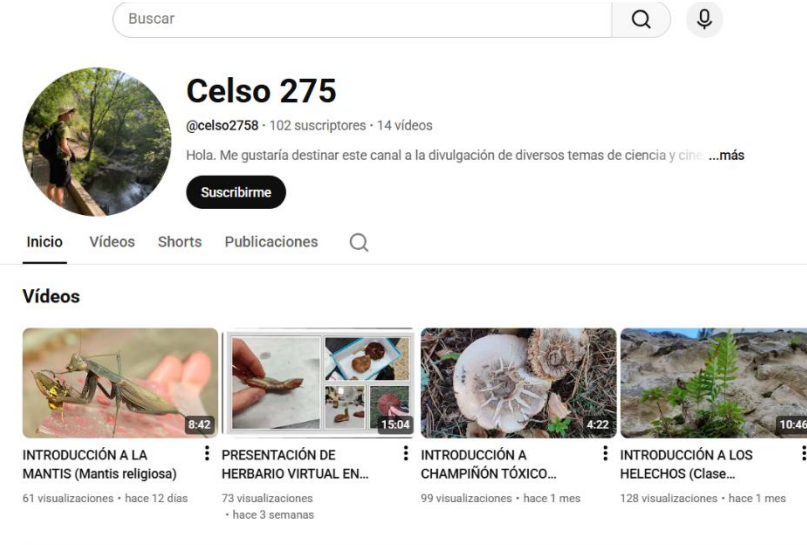
Para la producción audiovisual se emplea un teléfono móvil como dispositivo de grabación principal, aprovechando su portabilidad y facilidad de uso en entornos al aire libre. La edición de los vídeos se realiza mediante la aplicación CapCut, que permite ajustar la duración, insertar elementos visuales y mejorar la claridad expositiva. El canal de YouTube actúa como plataforma principal de difusión (Figura 1), complementándose con TikTok para la publicación de vídeos breves, de menos de un minuto, que funcionan como apoyo divulgativo y promocional, amplificando sustancialmente el alcance del canal debido al algoritmo que presenta esta app. Asimismo, se emplean hashtags temáticos para facilitar el posicionamiento del contenido dentro de la comunidad de usuarios interesada en temas de ciencia y biología. Finalmente, el sistema de comentarios de YouTube se emplea como un espacio de retroalimentación y resolución de dudas, con la posibilidad de consulta o verificación de la información con profesorado especializado cuando es necesario.

Procedimiento

En primer lugar, se seleccionan los temas a partir de contenidos tratados en la asignatura de Botánica Fundamental y ampliado a otras asignaturas del grado. Se presta especial atención a aquellos conceptos que habitualmente presentan dificultades de comprensión. A continuación, se elabora un guión como esquema base

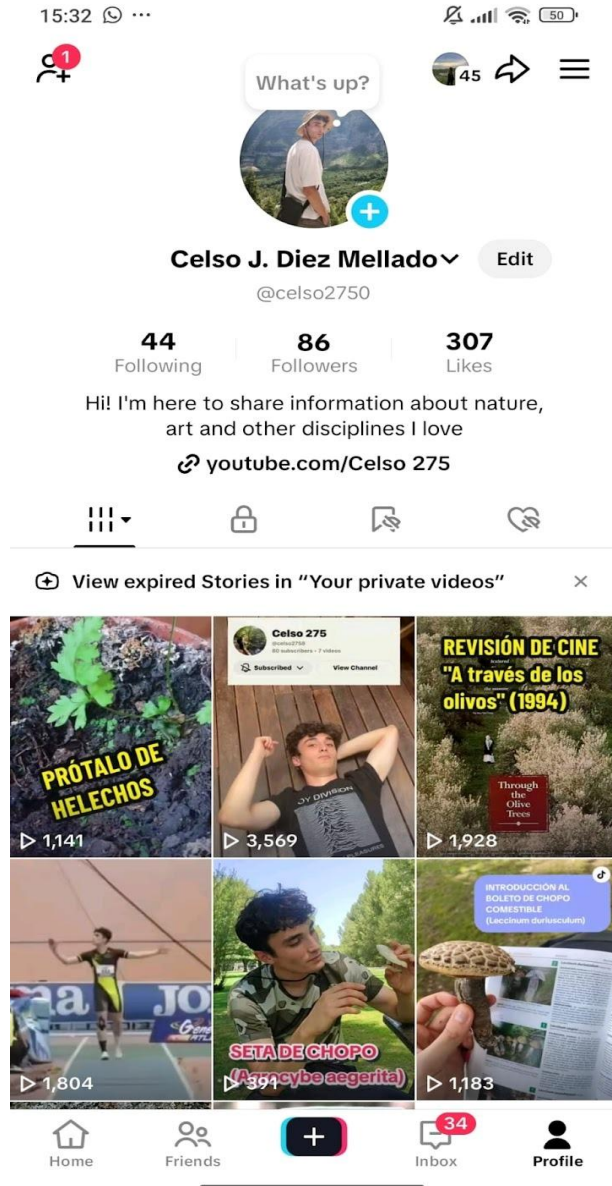
para una exposición espontánea y accesible, evitando un exceso de tecnicismos que pudiera dificultar la comprensión del mensaje, pero utilizando y explicando los términos adecuados. La grabación se lleva a cabo preferentemente en entornos naturales, lo que permite mostrar ejemplares reales de hongos, plantas o animales (Figura 1). De este modo se favorece un aprendizaje contextualizado, donde el observador puede captar las características del hábitat de los organismos objeto de estudio. Posteriormente, los vídeos se editan y se ajusta su duración a un máximo de quince minutos, con el fin de mantener la atención sostenida del espectador.

Figura 1. Vista general del canal de YouTube a fecha de 17/10/2025



Una vez finalizado el montaje, los contenidos se publican en el canal de YouTube con una periodicidad aproximada de entre una y dos semanas. Paralelamente, se generan vídeos cortos destinados a TikTok (Figura 2) y YouTube Shorts, con el objetivo de ampliar la difusión y facilitar el acceso a la información por parte del alumnado. Tras la publicación de los vídeos, se atienden los comentarios y dudas formuladas por los usuarios, favoreciendo un proceso de comunicación bidireccional y colaborativa.

Figura 2. Vista general de la cuenta de TikTok vinculada al canal de YouTube



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde la publicación del primer vídeo el 31 de agosto de 2025, el canal ha experimentado un crecimiento progresivo en sus métricas. Como se observa en la Figura 3, durante los últimos 28 días se ha registrado un incremento aproximado del 34% en las visualizaciones, en el tiempo total de reproducción y en el número de

suscriptores. Este aumento coincide con la presentación del canal en el aula y su difusión a través de la plataforma Moodle, lo que indica que la visibilización institucional contribuyó de manera directa a su expansión y consolidación entre el alumnado. Los resultados obtenidos permiten afirmar que la integración de un canal de YouTube elaborado por un estudiante constituye una herramienta de apoyo didáctico con potencial significativo en el contexto universitario (Campbell et al., 2020). Parámetros como el número de visitas o la cantidad de “likes” no reflejan necesariamente la calidad pedagógica o el rigor científico de los contenidos, lo que plantea la necesidad de orientar al estudiantado en la selección crítica de los recursos que utiliza. En este caso se observa que el apoyo y legitimación del recurso por parte del profesorado favorece su incorporación en las dinámicas de estudio autónomo. En el mismo sentido, es importante destacar el aumento de seguidores que ha sufrido la cuenta de Tik Tok asociada a la cuenta del canal (Figura 2), duplicando el número de seguidores en un mes y con más de mil visualizaciones en los últimos vídeos relacionados con la Biología. La visualización de vídeos online está en aumento ya que, entre otras cosas, se presenta como una opción muy atractiva y que supone poco esfuerzo cognitivo (León y Bourk, 2018), por lo que utilizar este tipo de plataformas con fines divulgativos parece evidente (Burgess y Green, 2009; de-Casas-Moreno et al., 2024; Gallardo-Camacho et al., 2023; Kim, 2012; Perdomo y Cortázar, 2024), siempre que ello no suponga una merma en la rigurosidad (Francés y Peris, 2018; Vizcaíno-Verdú et al., 2020).

Figura 3. Estadísticas de visualizaciones, tiempo de visualización media en horas y suscriptores aumentados en los últimos 28 días a fecha: 18/10/2025)



Al comparar las métricas de YouTube y Tiktok asociadas al canal, se observa un patrón complementario en términos de alcance y engagement. Mientras YouTube presenta un crecimiento constante en visualizaciones, tiempo de reproducción y suscriptores, con videos de mayor duración orientados al aprendizaje profundo, Tiktok muestra un aumento más rápido en el número de seguidores y visualizaciones de contenido breve, favorecido por su algoritmo de recomendación y formato dinámico. Esta diferencia sugiere que cada plataforma cumple un rol específico: YouTube como repositorio de contenidos educativos más extensos y estructurados, y Tiktok como herramienta de promoción y divulgación rápida que atrae a una audiencia más amplia y heterogénea. La integración estratégica de ambas plataformas permite, por tanto, combinar profundidad académica con visibilidad y difusión, optimizando tanto el alcance como la participación del público en el proyecto (Jung et al., 2025).

En relación con la temática de los contenidos, los videos vinculados a la biología constituyen los más visualizados por la audiencia, tal como se muestra en la Figura 3. Entre ellos destacan aquellos dedicados a la identificación de hongos, la descripción de helechos y la elaboración de un herbario virtual, recursos que resultan especialmente útiles para los alumnos de asignaturas de Botánica general, como es el caso de la asignatura de Botánica Fundamental. Pero debemos recordar que la cantidad de visualizaciones no refleja necesariamente el nivel de fidelidad o engagement de la audiencia hacia el canal (Perdomo y Cortázar, 2024). Está demostrado que existe una mayor predisposición por parte del público a visualizar un video cuyo tema principal sea un tema de actualidad (Buitrago y Torres-Ortiz, 2022), como pueden ser nuevos conceptos en el aula o nuevas sesiones de prácticas. El predominio de los videos de biología entre los más consultados confirma la existencia de una demanda real de recursos visuales que complementen las explicaciones impartidas en el aula, especialmente en materias que requieren observación directa de estructuras, especies o procesos biológicos (Fernández-Salegui et al., 2021).

No obstante, el video con mayor feedback corresponde a una reseña cinematográfica, cuya edición dinámica, uso de subtítulos y ritmo narrativo parecen favorecer una mayor permanencia del espectador. Este contraste sugiere que, además del contenido disciplinar, el estilo comunicativo y la construcción audiovisual influyen de manera determinante en la recepción del material. El análisis comparativo entre los videos divulgativos y los de carácter cinematográfico permite inferir que la eficacia de los recursos audiovisuales no depende únicamente de la pertinencia del contenido, sino también del estilo narrativo, la edición visual y la gestión del ritmo informativo. La mayor interacción registrada en el video con edición más dinámica sugiere la conveniencia de incorporar estrategias comunicativas propias del lenguaje audiovisual contemporáneo para mantener la atención y aumentar la retención

cognitiva. Comunicar contenidos científicos de forma amena, accesible y entretenida, incorporando las emociones (Lugo-Ocando y Glück, 2018), utilizando la imagen personal, hace que dichos contenidos resulten más interesantes, captando y reteniendo la atención del público, consiguiendo el aumento del engagement, tanto del emocional como el cognitivo (Buitrago y Torres-Ortiz, 2022; Perdomo y Cortázar, 2024). Por otro lado, es necesario evitar que los aspectos tecnológicos del proyecto acaparen toda la atención y la desvíen del reto principal: transformar la información en conocimiento (Ribosa y Duran, 2022).

En cuanto al perfil de la audiencia, los datos de retención indican que la visualización media no es elevada en términos absolutos, lo que podría atribuirse, en esta fase inicial, a que una proporción significativa de los suscriptores procede del entorno cercano del creador (Enke y Borchers, 2018; Tur-Viñes y González-Río, 2019). Sin embargo, se observa un aumento progresivo de visualizaciones procedentes de búsquedas directas relacionadas con conceptos botánicos y zoológicos, lo que apunta a una transición hacia una audiencia más especializada. La Figura 4 refleja, además, una fluctuación temporal en la actividad del canal, con un descenso a principios de septiembre y una recuperación posterior, patrón que se correlaciona con el inicio del curso académico y el aumento de la demanda de recursos de apoyo al estudio.

Figura 4. Se muestran los vídeos con mayor número de visualizaciones y su grado de duración en los vídeos (el porcentaje refleja el tiempo de retención de los espectadores viendo los vídeos). Fecha: 24/10/2025

Tu contenido más popular de este periodo			Duración media de las visualizaciones	Visualizaciones
Contenido				
1		#biology #nature #naturaleza #helechos 5 oct 2025	0:27 (44,7 %)	1.764
2		INTRODUCCIÓN A LA SETA DE CHOPO. EXCELENTE COMESTIBLE (Agrocybe a... 13 ago 2025	0:30 (8,9 %)	296
3		#biology #naturaleza #insects #mantis #defensa #learning 18 oct 2025 Video subido recientemente	0:25 (35,0 %)	173
4		PRESENTACIÓN DE HERBARIO VIRTUAL EN LEÓN Y PALENCIA 2 oct 2025	1:29 (9,9 %)	73

Finalmente, los resultados preliminares de dos encuestas divulgadas entre los suscriptores (Figura 5) muestran una valoración positiva del canal como herramienta de refuerzo conceptual. Los encuestados destacan la claridad expositiva y la accesibilidad del lenguaje, al tiempo que manifiestan interés en la ampliación del contenido hacia asignaturas consideradas de mayor dificultad (Perdomo y Cortazar, 2023).

Figura 5. Representación de la variación en la audiencia del canal de los últimos 28 días



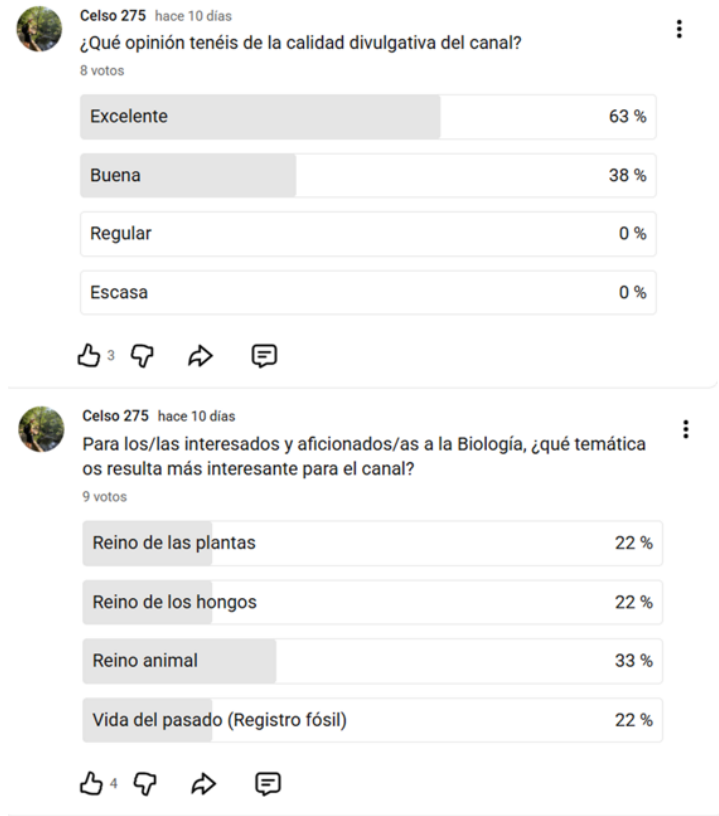
La interacción generada a través de los comentarios y solicitudes de nuevos temas evidencia, además, la consolidación de un modelo de transmisión horizontal del conocimiento, en el que el estudiante creador del contenido actúa como mediador entre los saberes académicos y la experiencia cotidiana del alumnado (Pirhonen y Rasi, 2017). Este enfoque promueve la participación activa, la identificación entre pares y la construcción colectiva del aprendizaje, elementos estrechamente vinculados a metodologías de innovación docente y enfoques de Aprendizaje-Servicio (Cacho y Casarejos, 2018; Usán y Vega, 2023). Parece más que evidente la importancia de que la ciencia tenga su espacio en las plataformas digitales (Basantes et al., 2018; Hargittai et al., 2018).

Una posible mejora para conseguir tener mejores resultados podría ser ajustar el tiempo a los 10 minutos como máximo, dado que la tendencia actual es a reducir los tiempos de visionado por parte de los estudiantes a unos 3 minutos de media, observándose que en los vídeos de una duración inferior a 10 minutos se alcanzan altos niveles de participación por parte del público estudiantil, teniendo en cuenta que la duración puede variar según el tipo de vídeo (Martínez-Martínez et al., 2024).

Por otro lado, la demanda de contenidos vinculados a asignaturas de mayor complejidad apunta a una línea de desarrollo futuro del proyecto, orientada a la elaboración de vídeos explicativos apoyados en pizarra y esquemas visuales simplificados. Este enfoque podría contribuir a reducir la brecha conceptual en temas

percibidos como difíciles, favoreciendo la comprensión progresiva y el aprendizaje autónomo (Buitrago y Torres-Ortiz, 2022; Perdomo y Cortazar, 2023).

Figura 6. Resultados obtenidos de dos encuestas planteadas a los seguidores del canal en relación a la calidad divulgativa y a las temáticas utilizadas. Las encuestas fueron realizadas 10 días atrás de la fecha 17/10/2025



Conclusiones y previsión futura

El desarrollo del canal de YouTube y TikTok por un estudiante del Grado en Biología se presenta como una herramienta complementaria para el aprendizaje universitario, permitiendo reforzar contenidos, aclarar dudas y favorecer la comprensión mediante un lenguaje cercano y adaptado al alumnado. Inicialmente no se espera alcanzar un elevado número de seguidores, ya que el objetivo principal se centra en su utilidad directa para los estudiantes, por su capacidad para generar un apoyo académico significativo.

No obstante, el canal presenta un potencial notable de crecimiento a medio plazo. Si la metodología se consolida, se optimiza la calidad audiovisual y se desarrolla una

estrategia de promoción adecuada. Asimismo, se contempla la ampliación progresiva de los contenidos hacia diferentes asignaturas vinculadas a las Ciencias Biológicas, incluyendo tanto asignaturas de Botánica general como aplicada, impartidas en grados y másteres en los que participa el profesorado responsable del proyecto. Esta diversificación permitiría consolidar el canal como apoyo complementario y fortalecer su función como recurso accesible, horizontal y orientado a las necesidades reales del estudiantado, reduciendo la distancia comunicativa habitual entre profesor y alumnado y facilitando un entorno de aprendizaje más cercano y ameno.

La evolución del proyecto requerirá un proceso de evaluación continua, basada tanto en el análisis de las estadísticas de visualización como en la realización periódica de encuestas que permitan recoger la percepción y necesidades del alumnado. Este seguimiento será determinante para validar su eficacia y orientar posibles mejoras. Aunque su impacto actual aún no es cuantificable debido a la reciente puesta en marcha del proyecto, se prevé que, con el tiempo, pueda implementarse un sistema de cuestionarios o quizzes asociados a los vídeos, con el fin de evaluar la comprensión de los contenidos y reforzar el aprendizaje activo. Estos instrumentos permitirían sondear la efectividad del visionado, identificar posibles dificultades conceptuales y ajustar la presentación de la información en función de las necesidades del alumnado.

Otra opción de mejora podría ser ajustar el tiempo a los 10 minutos de máximo, dado que la tendencia actual es a reducir los tiempos de visionado. Además, podrían emplearse como una herramienta de retroalimentación continua, tanto para el creador del contenido como para el profesorado implicado, facilitando así una mejora progresiva de la calidad pedagógica del canal.

Agradecimientos

Proyecto parcialmente financiado con cargo al Plan Propio de financiación de los GID de la Universidad de León, promovido por la Escuela de Innovación y Docente, Formación y Evaluación del Profesorado, concedido en la convocatoria 2024.

REFERENCIAS

Basantes, A.V., Carrascal, A.R., Naranjo, M.E., y Almeida, C.I. (2018). Composición digital en la producción científica de libros en la Universidad Técnica del Norte, Ecuador. *Información Tecnológica*, 29(6), 175–184. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600175>

Buitrago, A. y Torres-Ortiz, L. (2022). Divulgación científica en YouTube: comparativa entre canales institucionales vs. influencers de ciencias. *Fonseca, Journal of Communication*, 24, 127–148. <https://doi.org/10.14201/fjc.28249>

Burgess, J. y Green, J. (2009). *YouTube: Online video and participatory culture*. Polity Press.

Cabanés, B. y García, M.N. (2018). YouTube como canal de servicio a la sociedad dentro de la metodología ApS. En *Jornadas Virtuales de Colaboración y Formación Virtual USATIC 2018: Ubicuo y social: aprendizaje con TIC. Actas* (p. 191). Pressas de la Universidad de Zaragoza.

Campbell, L.O., Heller, S., y Pulse, L. (2020). Student-created video: An active learning approach in online environments. *Interactive Learning Environments*, 30(6), 1145–1154. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1711777>

Castañeda, L.J.C. (2009). Las universidades apostando por las TIC: modelos y paradojas del cambio institucional. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 14. <https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/138947>

Cuestas, A.D. (2009). El aprendizaje fuera del aula: De la lectura extensiva al blog. *Puertas Abiertas*, 5.

de-Casas-Moreno, P., Blanco-Sánchez, T., y Parejo-Cuéllar, M. (2024). El efecto TikTok como nuevo entorno para la divulgación científica. *Observatorio (OBS)*, 18*(3). <https://doi.org/10.15847/obsobs18320242401>

Domínguez, Y. (2016). La utilización de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el aprendizaje universitario. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(4), 158–163.

Enke, N. y Borchers, N.S. (2018). From objectives to implementation: Planning, organizing and evaluating influencer communication. En A. Schach y T. Lommatzsch (Eds.), *Influencer relations: Marketing und PR mit digitalen Meinungsführern* (pp. 177–200). Springer VS.

Fernández-Salegui, A.B., Trobajo, S., Vega, A.M., Alfaro-Saiz, E., Ferrero, V., Lence, C., Santamarina, S., Lois, R., Rodríguez-Fernández, S., y Acedo, C. (2021). Implementación de los vídeos en docencia práctica de campo en tiempos de la COVID-19: ¿un complemento a la docencia tradicional? En A. Martos Martínez, A.B. Barragán Martín, M.M. Molero Jurado, M.C. Pérez Fuentes, M.M. Simón Márquez, y J.J. Gázquez Linares (Eds.), *Innovación docente e investigación en ciencias ingeniería y arquitectura: Nuevos enfoques en la metodología docente* (pp. 33–48). Dykinson.

Francés, M. y Peris, À. (2018). Rigour in online science videos: An initial approach. En B. León y M. Bourk (Eds.), *Communicating science and technology through online video* (pp. 64–76). Routledge.

Gallardo-Camacho, J., Rodríguez-Carmona, L.M., y Presol-Herrero, Á. (2023). Divulgación y representación de contenidos audiovisuales científicos en la red social TikTok. *Fotociencia*, 27, 9–32.

García, N.E., Chiliquinga, A.I., Román, G.N., Zurita, E.M., y Haro, A.F. (2023). Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el aprendizaje universitario en el área de matemáticas. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 4342–4353. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.570>

Guamán-Gómez, V.J., Chapa-Argudo, C.E., y Marín-Reyes, I.P. (2021). Importancia de los medios audiovisuales para la enseñanza y el aprendizaje. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 1(2), 48–56. <https://doi.org/10.58594/rtest.v1i2.17>

Hargittai, E., Füchslin, T., y Schäfer, M.S. (2018). How do young adults engage with science and research on social media? Some preliminary findings and an agenda for future research. *Social Media + Society*. <https://doi.org/10.1177/2056305118797720>

Jung, J., Yoon, S.-H., Kengesbay, D., y Lee, S.K. (2025). Qualitative comparison between TikTok and YouTube. *International Journal of Contents*, 21(1), 23–36. <https://doi.org/10.5392/IJoC.2025.21.1.023>

Kim, J. (2012). The institutionalization of YouTube: From user-generated content to professionally generated content. *Media, Culture y Society*, 34(1), 53–67. <https://doi.org/10.1177/0163443711427199>

Leiva, A.C. (2011). Individualización del proceso de enseñanza-aprendizaje. *Pedagogía Magna*, 11, 8–13.

León, B. y Bourk, M. (2018). *Communicating science and technology through online video: Researching a new media phenomenon*. Routledge.

Lugo-Ocando, J. y Glück, A. (2018). El periodismo científico y el uso de las emociones en las narrativas noticiosas en la era de la posverdad. *Contratexto*, 29, 23–45.

Martínez-Martínez, A., Montoliu, R., y Remolar, I. (2024). Which videos are better for the students? Analyzing the student behavior and video metadata. *Heliyon*, 10(21), e39682. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39682>

Martín-García, N., Ávila, B., de Frutos, B., Pastor, A., y Pacheco, M.A. (2023). La enseñanza semipresencial: rendimiento y valoración de los recursos TIC en la docencia universitaria. *Viva Academia. Revista de Comunicación*, 156, 107–124.

Perdomo, B. y Cortázar, J.C. (2024). Divulgación científica en YouTube en países hispanoamericanos: Youtubers vs canales institucionales. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 15(1), 79–95. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM.25415>

Pirhonen, J. y Rasi, P. (2017). Student-generated instructional videos facilitate learning through positive emotions. *Journal of Biological Education*, 51(3), 215–227.

Ribosa, J. y Duran, D. (2022). Students creating videos for learning by teaching from their scientific curiosity. *Research in Science y Technological Education*, 42(2), 237–254. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2116419>

Roy, S.K. (2023). YouTube's influential factors for academic achievement: A two-stage approach. *Telematics and Informatics Reports*, 10, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2023.100060>

Tur-Viñes, V. y González-Río, M.J. (2019). Youtubers y estrategias de gestión de comunidades. *Revista Latina de Comunicación Social*, 74, 1291–1307. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2019-1384>

Usán, P. y Vega, R.C. (2023). Aprendizaje servicio y tecnología educativa a través de diferentes productos didácticos de aprendizaje. En C. Romero García y O. Buzón García (Eds.), *Tecnologías emergentes aplicadas a las metodologías activas en la era de la inteligencia artificial* (pp. 91–107). Dykinson.

Vizcaíno-Verdú, A., de-Casas-Moreno, P., y Contreras-Pulido, P. (2020). Divulgación científica en YouTube y su credibilidad para docentes universitarios. *Educación XX1*, 23(2), 283–306. <https://doi.org/10.5944/educxx1.25750>

